

DIE MINERALWÄSSER DER WETTERAU (HESSEN).
HYDROGEOLOGISCHE UND HYDROCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN IM
NIEDERSCHLAGSGEBIET DER NIDDA.

Dem Fachbereich 11 - Geowissenschaften und Geographie -
der Technischen Hochschule Darmstadt

zur

Erlangung der Würde eines
Doktors der Naturwissenschaften

(Dr.rer.nat.)

vorgelegte

Dissertation

eingereicht von

Diplom-Geologen Hans-Jürgen Scharpff
aus Frankfurt/Main

Berichterstatter: Prof. Dr. F. NÖRING

Mitberichterstatter: Prof. Dr. G. SOLLE

Tag der Einreichung: 25.10.1972

Tag der mündlichen Prüfung: 29.1.1973

Darmstadt 1972

- D 17 -

INHALT

	Seite
1. Vorwort	1
2. Einleitung	3
3. Aufgabenstellung	5
4. Geologische Verhältnisse im Untersuchungsgebiet	6
5. Hydrogeologie	15
5.1. Untersuchungsmethoden	15
5.1.1. Wasserprobenentnahme	15
5.1.2. Chemische und physikalische Bestimmungen	16
5.1.3. Methoden des Analysenvergleichs	16
5.2. Chemische Beschaffenheit der Süßwässer in der Wetterau	21
5.3. Die Mineralwässer in der Wetterau und ihre chemische Beschaffenheit	25
5.3.1. Vorkommen	25
5.3.1.1. Geschichte und Beschreibung bisher bekannter Mineralquellen und -brunnen	25
5.3.1.1.1. Wettertal	25
Ober-Hörgern (Mineralquelle in den Salzwiesen)	25
Münzenberg (Mineralquelle an der Junkermühle)	27
Rockenberg (Mineralquelle am Ortsrand)	28
Steinfurth (Säuerling)	30
Nieder-Mörlen (Selzerbrunnen bei Wisselsheim)	31
Rödgen (Säuerling)	33
Schwalheim (Säuerling, Löwenquelle)	34
Dorheim (Germaniabrunnen, Steinquelle, Fortunaquelle)	38
5.3.1.1.2. Fauerbach- und Usatal	41
Fauerbach v.d.H. (Mineralquelle am Ortsrand)	41
Bad Nauheim (Sprudel VII, XII, XIV, Gasquelle, Kurbrunnen, Siedehausquelle, Ludwigsbrunnen, Karlsbrunnen)	43
5.3.1.1.3. Taunus-Südrand	58
Nieder-Rosbach (Rosbacher Brunnen, Mineralquelle an der Harbmühle)	58
Burgholzhausen (Säuerling)	62
5.3.1.1.4. Horlofftal	64
Trais-Horloff (ehemaliger Säuerling)	64
Berstadt (Kreuzquelle)	65

Grund-Schwalheim (Römerbrunnen)	67
Ober-Widdersheim (ehemaliger Säuerling, Säuerling am Häuserhof)	70
Echzell (ehemaliger Säuerling)	72
5.3.1.1.5. Bad Salzhausen	74
(Solquelle I, III, V, VI, Sole-Neubohrung, Schwefelquelle, Lithiumquelle, Stahlquelle)	74
5.3.1.1.6. Niddatal und östliche Seitentäler	87
Staden (Säuerling)	87
Selters (Benediktussprudel)	89
Wippenbach (Klosterbrunnen)	92
Büdingen (Kapellenbrunnen, Schwefelquelle, Stahlquelle, Fischhälterquelle, Bohrbrunnen am Bahnhof, Quelle am Rundholzplatz)	93
Nieder-Wöllstadt (ehemaliger Säuerling)	100
Karben (Selzerbrunnen, Brunnen 2, 3, 4, 5 Taunusbrunnen, Ludwigsbrunnen, ehemalige Kappesquelle)	101
Massenheim (Säuerling)	115
Bad Vilbel (Übersicht)	116
5.3.1.2. Neue Vorkommen von Mineralwasser und mineralwasserbeeinflusstem Süßwasser (Flach- und Tiefbohrungen, erstmalig untersuchte Quellen)	118
5.3.1.2.1. Wettertal	119
Trais-Münzenberg	119
Münzenberg	119
Eberstadt - Ober-Hörgern	119
Griedel	120
Rockenberg	121
Oppershofen	122
Steinfurth	122
Wisselsheim	123
Schwalheim	127
Ossenheim	127
5.3.1.2.2. Fauerbach- und Usatal	127
Münster	127
Fauerbach v.d.H.	127
Nieder-Mörlen	128
Bad Nauheim	128
Friedberg	129

	Seite
5.3.1.2.3. Horlofftal	129
Trais-Horloff	129
Berstadt	131
Unter-Widdersheim	132
Grund-Schwalheim	133
Echzell	133
Bingenheim	133
Reichelsheim	133
5.3.1.2.4. Niddatal	134
Ober-Florstadt	134
Nieder-Florstadt	134
Bönstadt	134
Unter-Schmitten, Kohden, Nidda	134
Staden	135
Assenheim, Ilbenstadt	147
Groß-Karben	147
Kloppenheim	148
Rendel	148
Nieder-Erlenbach	149
5.3.1.2.5. Niddertal	149
Selters	149
Ortenberg	149
Lißberg	149
Hirzenhain, Ranstadt, Bleichenbach	150
Altenstadt	150
5.3.2. Die chemische Beschaffenheit der Mineralwässer	151
5.3.2.1. Hydrochemische Verhältnisse der Mineralquellen auf Bl. 5618 Friedberg (Bad Nauheim, Schwalheim, Stein- furth, Rosbach) sowie in Bad Salzhausen; Vorgänge im Untergrund der Mineralwasseraustritte	151
5.3.2.2. Hydrochemische Übersicht der übrigen Mineralquellen der Wetterau	167
5.3.3. Großräumiger Vergleich der Mineralwasserbeschaffen- heit und Überlegungen zur Herkunft der Mineralwässer	170
5.3.3.1. Chemischer Vergleich	170
5.3.3.1.1. Zur großräumigen Vergleichbarkeit der chemischen Analysen	170
5.3.3.1.2. Die hochkonzentrierten Mineralwässer zwischen Vogelsberg (Bad Salzschlirf) und Oberrheingraben (Bohrungen Dornheim und Oberolm)	176

	Seite
5.3.3.1.3. Sulfat-Gehalte	178
5.3.3.1.4. Kohlendioxid-Gehalte	179
5.3.3.1.5. Regionale Verteilung der Ionenanteile	183
5.3.3.1.6. Spurenelemente	185
5.3.3.1.7. Transportierte Mineralstoffmengen	188
5.3.3.2. Temperaturen der Mineralwässer	196
5.3.3.3. Bakterien und Pollen in den Bad Nauheimer Mineralwässern	198
5.3.3.4. Die Hydraulik der Mineralwässer	199
5.3.3.5. Überlegungen zu Herkunft und Wanderweg der Wetterauer Mineralwässer	202
6. Zusammenfassung	207
7. Schriftenverzeichnis	214
8. Analysentabellen	241

1. Vorwort

Die vorliegende Arbeit wurde im Herbst 1965 am Geologisch-Paläontologischen Institut der Technischen Hochschule Darmstadt begonnen, seit dem 1. Januar 1966 neben meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Angestellter am Hessischen Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, fortgeführt und im Frühjahr 1972 abgeschlossen.

Seit Beginn war für mich die vielseitige Problematik der Untersuchungen an den Wetterauer Mineralquellen von besonderem Reiz. Für die Anregung als Dissertationsthema möchte ich daher Herrn Professor Dr. F. Nöring aufrichtig danken. Mein Dank gilt Herrn Professor Dr. G. Solle dafür, daß er die Durchführung der Arbeit am Geologisch-Paläontologischen Institut der Technischen Hochschule Darmstadt genehmigte und einen Arbeitsplatz und Arbeitsmittel zur Verfügung stellte.

In besonderem Maße möchte ich auch Herrn Dr. G. Mattheß danken, der die Durchführung der Arbeit betreute und mich stets freundschaftlich mit Anregungen, Hinweisen und Diskussionen unterstützte.

Zur Einführung in die Grundregeln der chemischen Wasseranalyse gab mir Herr Professor Dr. W. Fresenius Gelegenheit, mehrere Wochen an seinem Wiesbadener Institut zu praktizieren. Ihm sowie seinen Mitarbeitern Herrn W. Schneider und Herrn K. Machner bin ich daher sehr zu Dank verpflichtet.

Bei der Beschaffung der zahlreichen älteren Unterlagen über die Wetterauer Mineralquellen halfen mir freundlicherweise zahlreiche Privatpersonen, Betriebe und Behörden. So bin ich besonders Herrn Dipl.-Ing. L. Grönke, dem ehemaligen technischen Leiter der Hessischen Staatsbäder Bad Nauheim und Bad Salzhausen, ebenso wie Herrn Dr. W. Müller, dem ehemaligen Leiter der Chemischen Abteilung der Klinik und des Institutes für Physikalische Medizin und Balneologie der Justus Liebig-Universität Gießen, Bad Nauheim, und seinem Nachfolger, Herrn Dr. D. Drechsler, für die Erlaubnis zur Einsichtnahme in die umfangreichen Archivakten der beiden Staatsbäder dankbar. Ebenso wie den Leitern und Mitarbeitern der Staatlichen Chemischen Untersuchungsämter Gießen und Wiesbaden, des Wasserwirtschaftsamtes Friedberg und der Unteren Wasserbehörde bei den Landratsämtern Gießen und Büdingen gilt dieser Dank dem Leiter der Geologischen Forschungsstelle des Zweckverbandes Oberhessischer Versor-

gungs-Betriebe, Herrn Dr. E. Schenk, und den Leitern der Mineralwassergewinnungsbetriebe Rosbacher Brunnen, Nieder-Rosbach, Selzerbrunnen, Groß-Karben, Römerbrunnen, Grund-Schwalheim, Sanatorium Benediktusquelle, Selters, der Rentkammer des Fürsten zu Ysenburg und Büdingen, als auch den Bürgermeistern vieler im Wetter-, Usa-, Horloff- und Niddatal gelegenen Gemeinden.

Für zahlreiche Einzelmitteilungen und Diskussionen, die mir immer wieder wertvolle Anregungen gaben, danke ich herzlichst den Herren Dr. H. Dengler, Dr. B. Hölting, Dr. K. Reul, Dr. O. Schmitt und Dr. K. Wiegand sowie den übrigen Hydrogeologen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung, Wiesbaden. Bei den Erörterungen chemischer Probleme waren mir Gespräche mit Herrn Dipl.-Chem. G. Thielicke sehr hilfreich. Für Hinweise auf jüngste geologische Untersuchungsergebnisse und Einzelarbeiten der weitgestreuten Literatur der Wetterau bin ich besonders Herrn Dipl.-Geol. H.-J. Anderle und Herrn Dr. E. Kümmerle dankbar. Nicht zuletzt war mir bei der Literaturbeschaffung, insbesondere bei der oft beschwerlichen Fernausleihe alter Bände, die stete freundliche Bereitschaft der Bibliothekarinnen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung, Frau J. Schadwinkel und Fräulein Chr. Kindsvogel, eine große Hilfe.

2. Einleitung

In der weiträumig gegliederten, vorwiegend von der Nidda und ihren Seitenbächen entwässerten Landschaft zwischen Taunus, Vogelsberg, Büdinger Wald, Kinzig und Main, der sog. Wetterau, treten zahlreiche Mineralquellen mit Salzgehalten bis zu ca. 33 g/l aus. Manche von ihnen, insbesondere die von Bad Nauheim, Schwalheim und Groß-Karben, sind vermutlich schon seit frühgeschichtlicher Zeit bekannt (s. historische Bemerkungen bei der Beschreibung der einzelnen Quellen).

Wie archäologische Funde an den Austritten der am höchsten konzentrierten Wässer belegen, wurde in Bad Nauheim seit der Latène-Zeit ohne längere Unterbrechung Salzsiederei betrieben. Weitere Salinen waren im Arbeitsgebiet mit unterschiedlicher Dauer und Umfang seit dem Mittelalter in Salzhausen, Wisselsheim, Ober-Hörgern, Trais-Horloff und Büdingen in Betrieb. Durch die Auswirkungen des modernen Güterfernverkehrs und anderweitig billigerer Produktionsmethoden wurden die Salzwerke jedoch unrentabel und mit Ausnahme von Bad Nauheim, das bis zum Jahre 1959 produzierte, in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts eingestellt.

In der älteren Literatur finden sich über Salzgewinnung im Arbeitsgebiet nur wenige ins Einzelne gehende Angaben (vor allem bei LANGSDORF 1781, 1788, 1824). Übersichtliche historische Darstellungen über die Entwicklung der Salinen wurden erst in jüngerer Zeit aus den noch heute in den Staatsarchiven Darmstadt und Marburg vorhandenen Unterlagen, die jedoch vorwiegend den kaufmännischen Bereich und die Belange der Beschäftigten betreffen, zusammengestellt (BLÖCHER 1931, KÖBRICH 1937, 1939/1940).

Die zahlreichen in der Wetterau zerstreut austretenden kohlendioxidführenden Mineralquellen geringerer Konzentration (Säuerlinge) waren bis in das letzte Jahrhundert hinein nur bei der örtlichen Bevölkerung bekannt. Eine Ausnahme machen hierbei der Schwalheimer Säuerling und der Groß-Karbener Selzerbrunnen, da zahlreiche Krugfunde für einen Versand schon zu römischer Zeit sprechen. Beide Quellen werden neben dem Groß-Karbener Ludwigsbrunnen, dem Stadener Säuerling und dem später lange Zeit fast unbeachteten Rosbacher Brunnen bereits im "Neuw Wasserschatz..." des TABERNAEMONTANUS (1584) beschrieben und in ihrer Heilkraft gerühmt. Trotzdem findet erst wieder am Ende des 18. Jahrhunderts die Heilwirkung der Säuerlinge durch mehrere kleinere Einzelveröffentlichungen Erwähnung (s. Literaturnachweise der einzelnen Quellen).

Mit der zunehmenden Unrentabilität der Salzgewinnung verschob sich in der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts das wissenschaftliche Interesse mehr auf die balneologische Erforschung des Mineralwassers und damit auch auf die mineralstoffärmeren und kohlendioxidhaltigen Quellen, wie aus den bis in jüngste Zeit umfassendsten Mineralquellenbeschreibungen des Gebietes durch WILLE (1828) und JOCHHEIM (1858) hervorgeht.

Über die in der Wetterau und im Vogelsberg gelegenen Badeorte Bad Nauheim, Bad Salzhausen und Selters wurden danach kurze Ortsbeschreibungen, z.T. auch Mineralwasseranalysen der wichtigsten Quellen in fast allen der zahlreich erscheinenden Balneologischen Handbücher, Kurortsverzeichnisse und Fremdenführer veröffentlicht. Weitere Einzelheiten über Erschließung, Fassung und Entwicklung der Quellen und Brunnen finden sich in kleineren Schriften und Veröffentlichungen, die sich meist jeweils nur auf einen Quellort beziehen.

Durch das Bemühen um genauere Ergründung der balneologischen Wirkung des Mineralwassers und durch Fortschritte in der analytischen Chemie kam es in dieser Zeit auch zur Durchführung der ersten modernen quantitativen Analysen. Ein Vergleich der chemischen Beschaffenheit verschiedener Quellen war jedoch sehr erschwert, da bis in die 30er Jahre dieses Jahrhunderts Ergebnisse meist noch in Form der Salztabelle, die nur absolute Werte der Bestandteile gegenüberstellt (MICHELS 1930, SCHOTTLER 1921, WENZ 1936) veröffentlicht wurden. Die konzentrationsunabhängige relative Betrachtungsweise war mit der Berechnung der Milliäquivalent-Prozente zwar schon 1907 im Deutschen Bäderbuch eingeführt worden, doch wurde das Prinzip in der Regel ausschließlich zur Mineralwasser-Typisierung durch Verhältnisberechnung der Ionen mit der Gesamtmenge der dissoziierten Bestandteile, nicht aber der übrigen Ionen untereinander angewandt. So berücksichtigte auch KÖBRICH (1939/1940) in einer sorgfältigen Berechnung der Mineralstoffmengen der Mineralquellen in Oberhessen nur jeweils die Summe aller gelösten Salze.

Mit Ausnahme der Untersuchungen über die Bad Nauheimer Solen (MÜLLER 1943, 1950/1951) und über die Bad Salzhausener Mineralwässer (ENSSLIN 1926), die die örtliche Situation behandeln, liegen über die chemischen Zusammenhänge der Quellen in der Wetterau und am Taunus-Südrand bisher keine detaillierten Beschreibungen vor. Betrachtungen über Herkunft und Wanderweg der Solen stützen sich vorwiegend auf vergleichende Aussagen über Mineralwasser-Typ und absolute Konzentrationen. Die Mög-

lichkeiten der Äquivalenzrechnung wandte im Vergleich für Gesamt-Hessen erstmals HÖLTING (1969) an, indem er, dem Prinzip geochemischer Arbeiten folgend, aus den Ionenäquivalenten Verhältniswerte errechnete und einander gegenüberstellte. Die chemischen Verhältnisse der Wetterauer Mineralwässer wurden dabei jedoch nur kurz umrissen.

3. Aufgabenstellung

Die vorstehenden Ausführung zeigen, daß ältere Angaben über die Mineralwässer der Wetterau überwiegend weit gestreut und oft schwer zugänglich veröffentlicht sind. Moderne zusammenfassende Darstellungen, insbesondere in hydrochemischer Hinsicht, fehlen.

In der vorliegenden Arbeit soll daher eine möglichst umfassende Dokumentation über die Mineralwässer der Wetterau vorgenommen werden. Besonderes Gewicht ist hierbei auf die bibliographische Zusammenstellung einschlägiger Veröffentlichungen und die kritische Auswertung der technischen Angaben und der bisher durchgeführten Wasseranalysen zu legen. Chronologische Zusammenstellungen über die an Quellaustritten vorgenommenen technischen Eingriffe und chemischen Analysen sollen eine Übersicht über die Geschichte der einzelnen Mineralwasseraustritte ermöglichen.

Mit eigenen chemischen und physikalischen Untersuchungen an Quellen und Brunnen sollen im weiteren Umkreis der bisher in der Wetterau bekanntgewordenen Mineralwasseraustritte die Ausdehnung des erhöht mineralisierten Grundwassers sowie die wechselseitigen Beziehungen zum übrigen Grundwasser und zum Grundwasserleiter untersucht werden. Vom Niederschlagsgebiet der Nidda bleiben bei diesen Untersuchungen unberücksichtigt die Niederschlagsgebiete des Erlenbaches oberhalb Burgholzhausen, der Usa oberhalb Langenhain, der Wetter oberhalb Muschenheim, der Horloff oberhalb Inheiden, der Nidda oberhalb Unter-Schmitten und unterhalb Nieder-Eschbach, der Nidder oberhalb Lißberg und des Seemenbaches oberhalb Büdingen (s. Übersichtskarte der Grundwasserentnahmestellen, Anhang). Die Gesamtfläche des betrachteten Gebietes beträgt rd. 1050 km².

Abschließend soll versucht werden, den Nachweis über Herkunft, Wanderweg und chemische Entwicklung der Mineralwässer zwischen Vogelsberg und Taunus zu erbringen.

4. Geologische Verhältnisse im Untersuchungsgebiet

Die geologischen Verhältnisse des Untersuchungsgebietes werden im wesentlichen durch die Überschneidung zweier bedeutender Senkungszone bestimmt: Die im westlichen Teil des Gebietes in NNE-SSW-Richtung (rheinisch) streichende Mittelmeer-Mjösen-Zone und die sie in SW-NE-Richtung (erzgebirgisch) querende ältere Struktur der Saar-Senke. Durch zahlreiche, den Hauptrichtungen überwiegend parallellaufende Verwerfungen ist das Gebiet in mehrere Einheiten verschiedener tektonischer Höhenlage gegliedert. Als höchste Scholle bildet der Taunus den West-

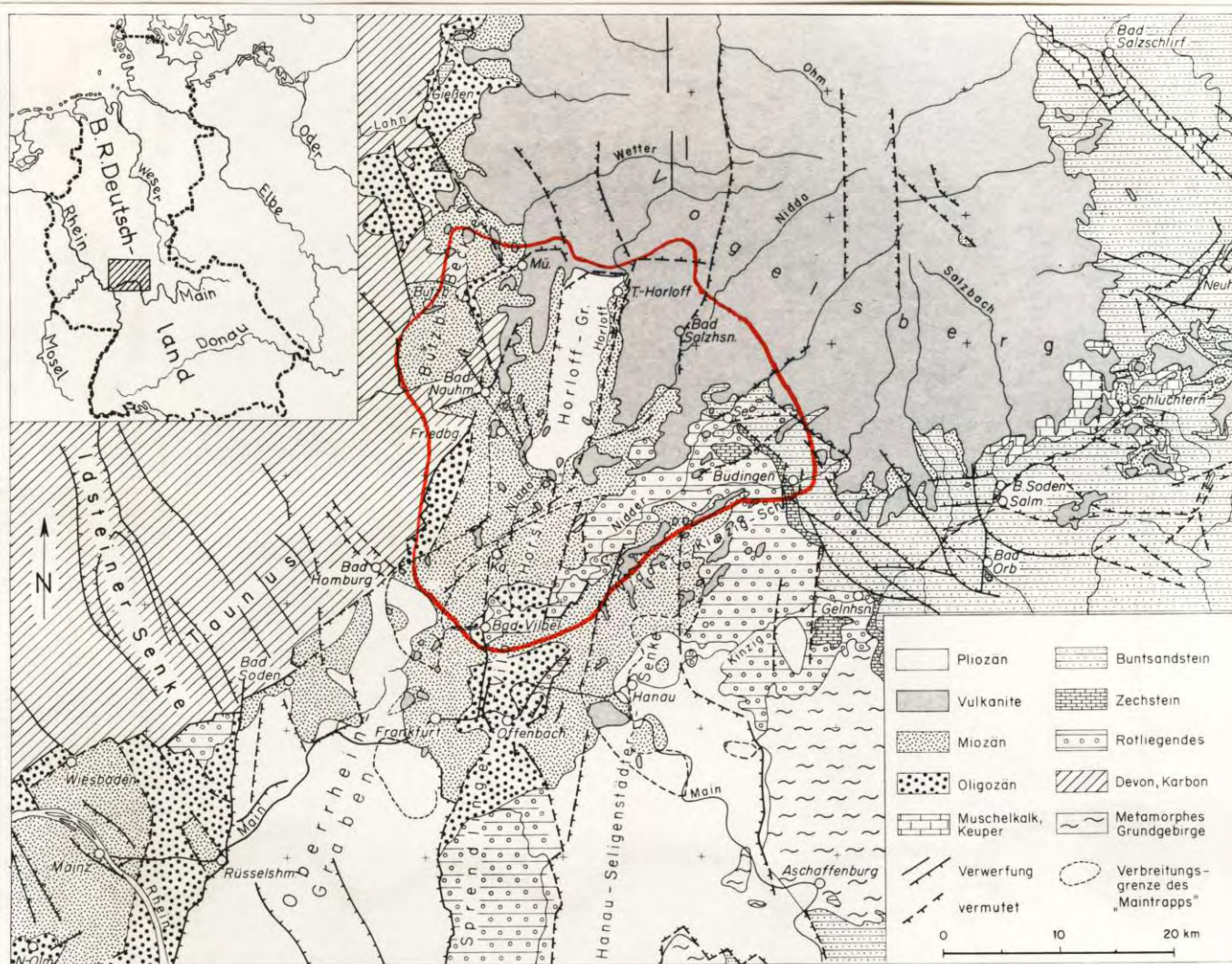


Abb. 1 Geologische Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes (rot umrandet) und seiner näheren Umgebung (Quartär abgedeckt). (Nach: Geologische Übersichtskarte von Hessen 1 : 300 000 - RÜSING 1960; ANDERLE 1970, DIEDERICH & HICKETHIER - mündl. Mitt., NÖRING 1961, SCHOTTLER 1925, 1937). Oben links Karte zur Lage innerhalb Deutschlands.

rand des Arbeitsgebietes. Er wird im Osten von der Grabenstruktur der Wetterau-Senke begrenzt, an die sich östlich das tektonisch höherliegende, bereits zur Schichtstufenlandschaft der süddeutschen Großscholle gehörende Gebiet zwischen Nidder und Kinzig anschließt. Im Norden werden die genannten Einheiten von den Vulkaniten des Vogelsberges überlagert.

Der Bau des T a u n u s ist durch seine Zugehörigkeit zum Rheinischen Schiefergebirge von intensiver Falten- und Schuppentektonik, die hier vorwiegend in NW-Vergenz auftritt, bestimmt. Die hervortretendsten großräumigen Elemente der Einengungstektonik stellen zahlreiche erzgebirgisch streichende Überschiebungen sowie senkrecht dazu verlaufende und oft über mehrere Kilometer verfolgbare Querstörungen dar.

Von den auftretenden Gesteinen nehmen die vorwiegend tonig-schiefrig und feinsandig, oft quarzitisch entwickelten Gesteine des U n t e r - d e v o n s die größten Flächen ein. Ihr bedeutendstes Schichtglied, der Taunusquarzit bildet den Taunus-Hauptkamm.

Vertreter älterer Formationen sind die bisher als V o r d e v o n eingestuft und am Taunus-Ostrand wenige Kilometer SW des Arbeitsgebietes austreichenden epizonal-metamorphen Gesteine - Phyllite, Grünschiefer und Serizitgneis. Altersmäßig besser gesichert stehen nördlich des Arbeitsgebietes in kleinen Vorkommen bei Gießen Quarzite des O r d o v i z i u m s sowie Kalksteine und Tonschiefer des S i l u r s an.

M i t t e l d e v o n tritt in Massenkalkfazies in einer schmalen, am Taunus-Ostrand abgesenkten Scholle und in einzelnen Tonschiefervorkommen nordwestlich Bad Nauheim auf (LUDWIG 1855 d, 1863, WITTE 1926). Weiterhin finden sich alle Typen mittel- bis oberdevonischer Riffablagerung als Kerne schmaler Mulden am Nordrand des Arbeitsgebietes nordöstlich Butzbach (WERDING 1964, 1965, PFLUG & WERDING 1965). Ausschließlich dort sind auch jüngere Gesteine des Schiefergebirgs-Paläozoikums, Kulmgrauwacken und Kieselschiefer des K a r b o n s, anzutreffen.

Am Ost- und Nordostrand des Taunus kommt es durch Abtauchen der paläozoischen Gesteine unter jüngere, vorwiegend tertiäre Sedimente zur Entstehung der Grabenstruktur der W e t t e r a u - S e n k e. Im Nordteil des Arbeitsgebietes erfolgt im Streichen des Schiefergebirges das Abtauchen der paläozoischen Schichten vorwiegend an jung aufgelebten Querstörungen sowie vereinzelt an rheinisch bis eggisch streichenden

Abbrüchen (Butzbacher Sprung, Fauerbacher Sprung; MICHELS 1928, KEGEL 1929). Durch relatives Zurückbleiben des Taunuskammes bis nördlich Steinfurth bildet sich eine flache, mit jungen Sedimenten gefüllte Teilsenke, das rheinisch streichende Butzbacher Becken (HUMMEL 1929). An seinem SE-Rand deutet sich eine weitere, eggisch streichende Grabenstruktur im Wettertal an (SCHÖNHALS 1934, 1936). Stärkeres Absinken des Devons in bisher unbekannte Tiefe vollzieht sich östlich der Linie Bad Nauheim - Bettenhausen.

Auf wesentlich engerem Raum, nämlich vorwiegend an der Taunussüdrand-Verwerfung, erfolgt der Abbruch der paläozoischen Schichten am Südost-rand des Schiefergebirges. Morphologisch stark auffallend streicht diese Störung von Bad Homburg in NNE-Richtung über Bad Nauheim. Weiter nördlich ist sie im Bereich basaltischer Überdeckung weniger deutlich.

Der Ostrand der Wetterau-Senke ist bei Bad Vilbel durch das Auftauchen von Rotliegendeschichten gekennzeichnet. Weiter nördlich ist die Existenz einer Randverwerfung bis Nieder-Florstadt innerhalb des Tertiärs nicht erkennbar. Nördlich dieses Ortes tritt sie jedoch wieder morphologisch deutlich erkennbar im geradlinig SSW-NNE-verlaufenden Horlofftal auf. Sie bildet hier den Ostrand des Horloffgrabens, des bedeutendsten tektonischen Teilelementes der Wetterau-Senke.

Durch Absinken der im Mittel rd. 10 km breiten Wetterau-Senke erhielten sich hier seit dem Alttertiär die faziell zum östlichen Rand des Mainzer Beckens gehörende Schichtenfolge des Tertiärs. Das Gebiet stellte im Oligozän die Verbindung des norddeutschen Meeres mit dem Mainzer Becken und dem Oberrheingraben dar (VON KOENEN 1867). Infolgedessen ist als ältestes Schichtglied an vielen Stellen der Wetterau-Senke mariner "Rupelton" zu erwarten. An der Erdoberfläche wurde er nur bei Bad Vilbel nachgewiesen. Unter Überdeckung durch jüngere Schichten steht er bei Dortelweil (WENZ 1936), Rockenberg (STEUER & SCHOTTLER 1914) und Trais-Horloff (SCHENK 1957) an.

Während der späteren Tertiärzeit brach die genannte Verbindung zum Nordmeer ab. Danach wurde die Sedimentation zunehmend durch den örtlich häufig wechselnden Einfluß eines im Nordteil des Arbeitsgebietes gelegenen Festlandes und eines im Süden im Bereich des Oberrheingrabens gelegenen Meeres bestimmt. Der vorher überwiegend im Bereich der Wetterau-Senke gelegene Sedimentationsraum erweiterte sich in der südlichen Wetterau während des Aquitans um ein sich in SW-NE-Richtung erstreckendes und damit der Richtung der Saar-Senke folgendes Becken. Die strati-

graphische Einstufung dieser Schichten ist in den meisten Fällen durch geringen Fossilinhalt schwierig. In jüngerer Zeit konnte an einigen Stellen durch die Methoden der Pollen- und Sporenuntersuchungen die Altersbestimmung der Festlandsedimente beweiskräftig durchgeführt werden (STEGEMANN 1964 b).

Als Ablagerung des Grenzbereiches O l i g o z ä n / M i o z ä n und Äquivalent der "Weisenauer Schichten" (PLASS 1965) des Oberrheingrabens gelten die "Vilbeler Schotter". Sie weisen auf kräftige tektonische Bewegungen und dabei erfolgte Abtragung hin (MICHELS 1930 a, WIESNER 1970). Zu ihnen gehören möglicherweise auch die zwischen Rosbach und Bad Nauheim am Taunus-Ostrand auftretenden, vorwiegend feinklastischen Schichten (NÖRING 1953, unveröff. Gutachten; 1970; ANDERLE 1970, Abb. 1).

Zur Zeit der Überlagernden, bereits zum A q u i t a n gehörenden "Cerithienschichten" wurden faunenreiche Sedimente im Süden bis in die Umgebung von Karben abgelagert. Mit Annäherung an die ungefähr bei diesem Ort gelegene nördliche Küste (WENZ 1922, SCHOTTLER 1937, SCHENK 1957) schalten sich in die kalkig-mergeligen Gesteine der Beckenfazies und die Kalksteine der Schwellenfazies zunehmend Sande und Kiese ein (GOLWER 1968). Nach STEGEMANN (1964) enthalten sie bei Rockenberg vereinzelt Braunkohlen. Das Hangende bilden die faziell ähnlichen, jedoch noch karbonatärmeren "Inflata-(Corbicula-)Schichten". Sie finden sich in breitem Ausstrich zwischen den Orten Burggräfenrode und Rendel. Im Bereich des Horloffgrabens wies sie SCHENK (1957) im Untergrund von Echzell nach. Am Nordrand des Arbeitsgebietes liegen sie als "Münzenberger Blättersandsteine" in sandiger Fazies vor.

Auch die Überlagernden "Hydrobienschichten" lassen sich in der gesamten Wetterau bis an den Rand des Vogelsberges verfolgen (WENZ 1922, SCHENK 1957). Wegen ihrer gleichartigen Ausbildung sind sie von den beschriebenen Liegendschichten nur schwer zu unterscheiden. Die lithologische Ausbildung reicht von Mergeln der südlichen Beckenfazies über kalkig-sandige Küstenfazies zur tonig-sandigen limnofluviatilen Fazies in der nördlichen Wetterau. Zur Zeit der Unteren Hydrobienschichten reichten jedoch die Schüttungen der Sandfazies bis Frankfurt a.M.. Als zeitgleiches Äquivalent sieht SCHENK (1957) die z.T. grobklastischen Sedimente der "Wetterau-Stufe" auf Bl. Friedberg an, wogegen SCHÖNHALS (1937) sie als Helvet betrachtet.

Im höheren Miozän fielen größere Gebiete der Wetterau trocken, weshalb sich häufig Anzeichen von Erosion und limnisch-fluviatiler Sedimenta-

tion in enger Nachbarschaft finden. Zur letztgenannten Fazies gehören an der Grenze A q u i t a n / B u r d i g a l (WIESNER 1970) Ablagerungen von "Landschneckenmergeln" und Algenkalken u.a. bei Okarben und Ober-Erlenbach sowie die fluviatile, mehrere Zehnermeter mächtige Feinsandfolge der "Congerien-Sande" zwischen Bönstadt und Staden.

An zahlreichen Stellen werden die beschriebenen Schichten von Basalten überdeckt. Sie stellen Erosionsreste eines mit dem Vogelsberg verbundenen sauren Basaltstromes dar, der vermutlich die gesamte Wetterau bis südlich des Mains bedeckte ("Maintrapp"). Der Strom wurde wahrscheinlich nicht nur vom Vogelsberg, sondern auch aus Spalten im Bereich der Wetterau genährt, wie sie z.B. bei Münzenberg (SCHOTTLER 1937) und im Horloffgraben (SCHENK 1956) vermutet werden (vgl. NÖRING 1951 d). Nach Untersuchungen von WIESNER (1970) überlagert die Basaltdecke in der Umgebung von Frankfurt a.M. und Staden Schichten des H e l v e t ("Congerien-Sande"), wogegen GOLWER (1968) für den Basalt burdigales Alter annimmt.

Während des P l i o z ä n s kam es nur im Horloffgraben zur Ablagerung von Sedimenten. Im Ober-Pliozän (TOBIEN 1953) bildeten sich hier in zwei fast Grabenrand-parallel streichenden und jeweils wenige 100 m breiten Senken Braunkohlen, die direkt dem Basalt auflagern (KIRCHHEIMER 1934). Ihre bis zu 24 m (im Mittel 6 m) mächtigen Flöze weisen auf kurze Entfernung erhebliche Unterschiede der Mächtigkeit auf, was SCHENK (1956) auf die Erosionswirkung mäandrierender Flüsse zurückführt. Die Absenkung des Horloffgrabens setzte sich während des Q u a r t ä r s bis in jüngste Zeit fort, wodurch weiterhin fluviatile Sedimente zur Ablagerung kamen. In den übrigen Wetterautälern finden sich als Folge mehrfachen Wechsels zwischen Akkumulation und Erosion Terrassen, deren älteste sich in höheren Lagen, jüngere in tieferen Lagen der Talflanken befinden. Ihre Zahl wird von WENZ (1936) und SCHÖNHALS (1936) mit 5 angegeben. Das gesamte Gebiet wurde zur gleichen Zeit durch Windtransport bis über 15 m mächtig mit LÖB bedeckt.

Das zwischen den Gemeinden Bad Vilbel und Selters sowie dem Spessart-Nordrand liegende Gebiet der östlichen Wetterau ist an dem z.T. großflächigen Auftreten von Rotliegendeschichten als tektonisch höher gelegene Einheit erkennbar. Sein Westteil bildet zwischen vorwiegend NNE-SSW-streichenden Verwerfungen in nördlicher Verlängerung des Horstes von Sprendlingen und Offenbach den H o r s t v o n B a d V i l b e l u n d E r b s t a d t. Er wird bei Gronau und Niederdorfelden durch einen gleichgerichteten Spezialgraben untergliedert. Die bei

Bad Vilbel noch an der Erdoberfläche anstehenden Rotliegendeschichten tauchen nach Norden unter die Schichten des Miozäns ab. Weiter nördlich deutet sich im Vogelsberg möglicherweise eine Fortsetzung dieser Horststruktur in der Hochlage des Horstes von Bad Salzhausen, in der Emporhebung der dort lagernden Basalte gegenüber den östlich anschließenden Vulkaniten und in der hohen Lage der Rotliegendeschichten bei Rabertshausen an. Im östlichen Teil des Horstes wird die Intensität der Emporhebung durch den Ausbiß variscisch gefalteter, vermutlich oberdevonischer Grauwacken (NÖRING 1951 a, PLESSMANN 1957) auf einer kleinen Fläche an der Naumburg bei Erbstadt deutlich.

Das östlich angrenzende N i d d e r - K i n z i g - G e b i e t zeichnet sich durch weitgespannte Verbiegungen der Rotliegendeschichten aus. Eine SW-NE-streichende Aufwölbung deutet sich nordöstlich Erbstadt durch das Zutagetreten der ältesten Rotliegendeschichten an. Ihre zusätzliche posttertiäre Anhebung ist durch die relative Hochlage der Basalt-Unterkante belegt (NÖRING 1961). Der Einfluß der Mittelmeer-Mjösen-Zone macht sich insbesondere im Westteil des Gebietes in zahlreichen Störungen rheinischer und eggischer Richtung bemerkbar. Sie zerlegen die Schichtenfolgen bei verhältnismäßig geringen Sprunghöhen in Gräben und Horste. Insgesamt sinken die Schollen allmählich nach Osten ab, so daß in dieser Richtung immer jüngere Schichten an die Oberfläche zu liegen kommen. Durch die Untersuchungen von HÄUSER (1933) und die Spezialkartierung von TROPP (1936) auf Bl. Ortenberg wird die im Osten des Nidder-Kinzig-Gebietes zunehmende Bedeutung der erzgebirgischen und herzynischen Störungsrichtungen, die das Gebiet in ein tektonischeskleinflächiges "Schollenmosaik" zerlegen, verdeutlicht.

Lithologisch setzen sich die Schichten des R o t l i e g e n d e n aus einer über 370 m mächtigen Serie (Endteufe der Bohrung Altenstadt, das Liegende wurde nicht erreicht, NÖRING 1951 a) wenig charakteristischer Schiefertone und roter feinkörniger Sandsteine zusammen, denen Konglomerate mit Porphyr- und Melaphyrgeröllen, Dolomitsteine und rotgraue Schiefertone eingeschaltet sind. Bei der großräumigen Betrachtung der Sedimentverteilung lassen sich die Sedimente paläogeographisch einem NE-SW-gestreckten Trog, ("Wetterau-Becken", MURAWSKI 1967), einem Teilbereich der "Saar-Saale-Senke", zuordnen, der sein Material aus südöstlich ("Spessart-Schwelle") und nordwestlich ("Hunsrück-Oberharz-Schwelle", heutiger Taunus und seine Fortsetzung in der Tiefe) gelegenen Gebieten bezog, wobei grobe Konglomerate der randlichen

Lagen in mächtige feinsandige bis tonige Sedimente im Beckentiefsten übergehen. Nach VON REINACH (1892), MICHELS (1930) und NÖRING (1955) gehört die Folge dem Unterrotliegenden an. MURAWSKI (1964) vermutet die gesamte Rotliegendefolge als vertreten.

Am östlichen Rand des Arbeitsgebietes werden die Schichten des Rotliegenden zwischen Selters und Gelnhausen von den Schichten des Zechsteins überlagert und kommen in einem 0,1 bis 1 km breiten Streifen zum Ausstrich. Vereinzelt Vorkommen treten außerdem südöstlich Stockheim bei Ortenberg sowie über dem erwähnten Rotliegend-Vorkommen bei Rabertshausen im Vogelsberg auf. Nach PRÜFERT (1969) liegen 4, mit der zyklischen Gliederung der norddeutschen Beckenfazies (RICHTER-BERNBURG 1955) vergleichbare, Sedimentabschnitte mit gleicher Entwicklungstendenz der Fazies vor. Wegen der hier auftretenden Randfazies ist der Einfluß klastischer Sedimente sehr hoch, und der Salinitätsgrad bleibt jeweils hinter dem der Beckenfazies weit zurück. Über wenige Meter mächtigen Transgressionskonglomeraten lassen sich wenige Dezimeter mächtige Kupferletten und bituminöse Mergelschiefer ausscheiden, die von 4 - 7 m mächtigen Bankkalken und 5 - 10 m mächtigen Kalk-Mergel-Wechselfolgen überlagert werden. Im Hangenden schließen sich zwei bis zu 20 m mächtige graugrüne und rotbraune Tonstein-Folgen an, die von einer bis zu 15 m mächtigen Folge von Dolomitsteinen und Kalksteinen unterbrochen werden. Auch im Zechstein wird die Faziesverteilung durch den erzgebirgisch streichen Sedimentations-trog mit südlich anschließender Spessartschwelle bestimmt, wodurch südlich der Kinzig eine stärker Festland-bestimmte, z.T. dolomitische Sedimentation vorliegt. Hier wurde eine bereits im höheren Zechstein erfolgte Verkarstung nachgewiesen.

Östlich des Untersuchungsgebietes sind die Schichten des Zechsteins nur aus Bohrungen und Bergbauaufschlüssen bekannt (KÖBRICH 1926 a). Im Gebiet der TK 5523 Neuhof liegt eine rd. 300 m mächtige salinare Zechsteinfolge in Beckenfazies vor. Chloridische Salze, vorwiegend der Werra-Serie, werden hier ca. 210 m mächtig (ROTH & LAEMMLEN 1970). Nach erbohrten Auslaugungsbreccien dürfte die primäre Verbreitung der chloridischen Salze westlich bis Wirthheim im Kinzigtal (ca. 13 km südöstlich Büdingen) gereicht haben (TRUSHEIM 1964).

Die östliche Begrenzung des Arbeitsgebietes wird von Schichten des Buntsandsteins gebildet. Durch südliche Ausläufer der Vogelsberg-Basalte eingeengt, streichen sie zwischen Selters und der Kinzig zunächst nur 3 - 4 km breit aus. Im Süden haben sie jedoch

Anschluß an den großflächigen Buntsandstein-Ausstrich des Hoch-Spessarts. Am Rande des Untersuchungsgebietes gehören sie vorwiegend dem Unteren und Mittleren Buntsandstein an. Der erstgenannte besteht aus rotbraunen bis dunkelbraunen schluffigen, im mittleren Teil von Geröllhorizonten untergliederten Tonsteinen und feinkörnigen Sandsteinen von insgesamt rd. 290 m Mächtigkeit (DIEDERICH LAEMMLEN 1964). Der ebenfalls dreigeteilte und rd. 170 m mächtige Mittlere Buntsandstein ist durch vorwiegend grobkörnige Sandsteine charakterisiert (LAEMMLEN 1963). Oberer Buntsandstein, mit häufig geröllführenden Sandsteinen und hangenden Sandsteinen des Röt nimmt im betrachteten Gebiet nur kleine Flächen ein.

Ein großer Teil der beschriebenen Formationen ist im Bereich des Nidder-Kinzig-Gebietes von tertiären Sedimenten überdeckt. Sie gehören vorwiegend dem Miozän an und schließen sich in ihrer faziellen Ausbildung eng an die entsprechenden Schichten der Wetterau-Senke an. Den Cerithienschichten zuzuordnende marine, faunenreiche, kalkig-mergelige Sedimente treten von Westen her bis zum Marienhof östlich Groß-Karben auf. Da das Sedimentationsbecken im Aquitan zur Zeit der Inflata-(Corbicula-)Schichten die flächenhaft größte Ausdehnung erreichte, sind deren vorwiegend sandig und kiesig, untergeordnet kalkig-mergelig entwickelten Äquivalente bis an den Süd- und Ostrand des Vogelsberges nachweisbar. In ähnlicher Entwicklung liegen die Hydrobienschichten vor. Auf den höchsten Erhebungen des Nidder-Kinzig-Gebietes finden sich häufig die Basalte des "Maintrapps". Im Bereich des Bad Vilbeler und des Erbstädter Horstes sind sie dagegen durch Erosion abgetragen. Für die Gestaltung der Oberfläche kommt auch im Bereich des Nidder-Kinzig-Gebietes dem Löss große, den Flußterrassen geringere Bedeutung zu.

Alle beschriebenen, vorwiegend durch tektonische Elemente begrenzten Bereiche werden im Norden von den Effusivgesteinen des Vogelsberges überlagert. Obwohl dieser geologisch als gesonderte Einheit zu betrachten ist, finden sich in seinem Gebiet alle zuvor erwähnten tektonischen Richtungen wieder. So sind an seinem Westrand zwischen Münzenberg und Butzbach Basalte an NW-SE-verlaufenden, vermutlich posthum aufgelebten, Querstörungen des variscischen Gebirges gegeneinander verworfen. Die rheinisch streichen Randstörungen des Horloffgrabens lassen sich in den Vogelsbergbasalten in schwach westlicher Abweichung bis in die Gegend von Gießen verfolgen (HUMMEL 1929; SCHOTTLER 1937). Hinweise für die nördliche Fortsetzung des Horstes von Bad Vilbel und Erbstadt wurden vorstehend beschrieben. Östlich dieser Struktur schlies-

sen sich die rheinisch begrenzten Schollen des Westgrabens, des Oberwaldgrabens und des Oberwaldhorstes an. Im östlichen Vogelsberg nimmt wie im Nidder-Kinzig-Gebiet die Bedeutung der herzynischen Richtungen zu.

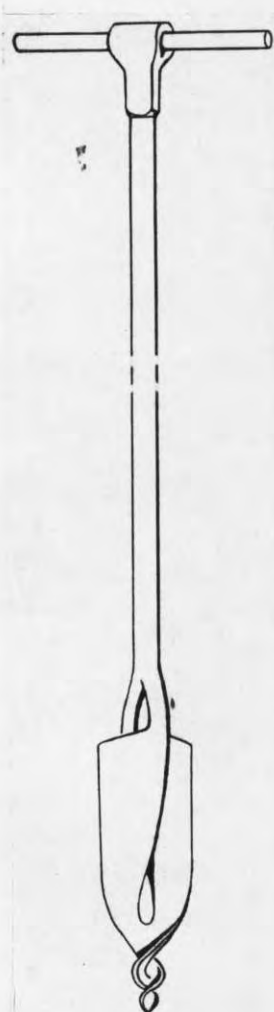
Die Förderung der Vogelsberg-Vulkanite vollzog sich vermutlich während des gesamten Miozäns, in besonderem Umfang im Aquitan. Im südwestlichen Vogelsberg sind als älteste Ergüsse nicht genau einstuftbare (prätortone) Phonolithe bei Bad Salzhausen und im östlich gelegenen Oberwald bekannt. Als sporenstratigraphisch älteste Nachweise finden sich Tuffe und Basalte aquitanen Alters bei Lauterbach (STEGEMANN 1964), die nach SCHOTTLER (1931, 1937) der basischen Ergußdecke eines "Vorbasaltes" angehören. Über ihnen lassen sich im gesamten westlichen Vogelsberg Lavadecken nachweisen und durch mehrfachen Wechsel von (basischem) Basalt und (saurem) Trapp in vier Phasen gliedern.

5. Hydrogeologie

5.1. Untersuchungsmethoden

5.1.1. Wasserprobenentnahme

An Quellen und Brunnen wurden die Wasserproben direkt am Auslauf, nach Möglichkeit unter dem Wasserspiegel mit 1 l-Plastikflasche entnommen. Die Proben zur Eisen-II-Bestimmung wurden nach Zugabe einer definierten Menge 2,2'-Dipyridilin in einer gesonderten 100 ml-Plastikflasche transportiert.



Bei der Untersuchung des oberflächennahen Talauengrundwassers wurde mit Hilfe des schappenartigen Handbohrers der Fa. P.F. Mühlhoff, Remscheid (Abb. 2), ein Bohrloch mit ca. 8 cm Durchmesser bis zur Grundwasseroberfläche niedergebracht und das im Bohrloch sich in der Regel schnell sammelnde Grundwasser mittels einer an steifem Draht befestigten Plastikflasche entnommen und in größere Flaschen umgefüllt. Das Wasser war durch den Bohrvorgang in der Regel getrübt, so daß eine titrimetrische Schnellbestimmung erst nach ca. 1 Stunde möglich war. Die Untersuchung wurde daher nach dem Transport in das Laboratorium vorgenommen.

Abb. 2 Handbohrer

5.1.2. Chemische und physikalische Bestimmungen

Da es das Ziel der Untersuchungen war, durch eine möglichst hohe Probenzahl eine großräumige chemische Übersicht zu erhalten, wurden für die Bestimmung der chemischen Bestandteile Untersuchungsmethoden mit verhältnismäßig geringem Geräte- und Zeitaufwand ausgewählt.

Die Gehalte der im Wasser gelösten Stoffe wurden nach den folgenden Methoden bestimmt:

Chlorid- und Hydrogenkarbonat-Gehalt nach "Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung".- (1960).

Erdalkali-Gehalt (Gesamthärte) und Gehalt an gelöstem Kohlendioxid nach den Anweisungen der Fa. Merck, Darmstadt: "Die Untersuchung von Wasser" (ohne Jahr)

Eisen (II)- Gehalt nach FRESSENIUS & SCHNEIDER (1965).

Die physikalischen Bestimmungen wurden wie folgt vorgenommen:

Wassertemperatur mittels (Schöpf-) Thermometer mit 0,2°C-Skalenunterteilung.

pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit nach "Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung" (1960).

Von den genannten Untersuchungen wurde an Quellen und Brunnen die Bestimmung des gelösten Kohlendioxids, des pH-Wertes und der Temperatur stets, die der anderen Werte in besonderen Fällen an Ort und Stelle vorgenommen.

5.1.3. Methoden des Analysenvergleichs

In Anlehnung an die "Begriffsbestimmungen des Deutschen Bäderverbandes" (1965) wird auch in der vorliegenden Arbeit bei der Darstellung der Analysen neben absoluten Gewichts- (mg/l) und Äquivalentmengen (mval/l) für jedes Ion der prozentuale Anteil des Ions an der Gesamtkonzentration angegeben. Diese erstmalig von HINTZ & GRÜNHUT (1907) angewandte Methode erleichtert den Vergleich der infolge von Konzentrationsunterschieden unübersichtlichen absoluten Analysenwerte. Vereinbarungsgemäß gehen alle Ionen mit

mehr als 20 mval% Anteil in die Typisierung des Mineralwassers ein.

In Erweiterung dieser Verhältnismethode werden in jüngsten hydrogeologischen Arbeiten Verhältnissberechnungen der Ionen untereinander durchgeführt, wobei aus charakteristischen Ionenverhältnissen bzw. gleichen Prozentgehalten und damit gleichen Typen Rückschlüsse auf gleichen Ursprungsort bzw. gleiche Entstehungsbedingung gezogen werden. Wie jedoch in Abschnitt 5.3.2 an den Beispielen Bad Nauheim und Bad Salzhausen dargelegt wird, läßt sich häufig selbst noch im engsten Bereich einer Quellengruppe bei allen chemischen Hauptbestandteilen (mit Ausnahme des Chlorids) eine Veränderung ihrer Anteile durch komplizierte physikalisch-chemische Vorgänge (Lösung, Fällung, Ionenaustausch) nachweisen. Hierdurch ist es möglich, daß sich das Verhältnis zweier betrachteter Ionen durch gleichzeitige gegenläufige Änderung ihrer Absolutgehalte erheblich verschiebt und ein anderer Mineralwassertyp entsteht. Ein Fehlschluß bezüglich der Entstehung des Wassers liegt dabei nahe. So könnte z.B. der Rosbacher Brunnen in Nieder-Rosbach ebenso wie der Steinfurthener Sauerling auf Grund seines $\text{HCO}_3^- / \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ -Verhältnisses nach HÖLTING (1969a, Abb. 9) zu der Mineralwasserfazies der mittleren Wetterau gerechnet werden. Nach den in Abschnitt 5.3.2. durchgeführten Verdünnungsberechnung können jedoch beide Wässer durch einfache Verdünnung aus der in Sprudel XII in höchster Konzentration austretenden Sole entstanden sein. Beim Vergleich der Ionenquotienten verschiedener Wässer müssen daher stets die absoluten Konzentrationen aller betrachteten Stoffe berücksichtigt werden.

Nach dem heutigen Stand des geochemischen Wissens ist dagegen Chlorid an Ionenaustauschvorgängen praktisch nicht beteiligt und als einziger Hauptbestandteil der in den Grundwässern gelösten Stoffe auch primär nicht in nennenswertem Umfange in den Gesteinen der Wetterau enthalten. Da auch die anthropogenen und die natürlichen Chloridgehalte in engen Grenzen variieren (s. Abschn. 5.2.), sind aus der Verschiebung des Verhältnisses zwischen Chlorid- und anderen Ionen eindeutige Rückschlüsse auf chemische Veränderungen möglich. In der vorliegenden Untersuchung wurde daher das Verhältnis von Chlorid zu den anderen Hauptionen (Chloridverhältnis) zum Vergleich der Mineralwässer von Bad Nauheim, Bad Salzhausen und der übrigen höchstkonzentrierten Mineralwässer des Arbeitsgebietes errechnet und in Diagrammen dargestellt.

Eine besonders anschauliche graphische Darstellungsweise ist das halblogarithmische Diagramm nach SCHOELLER (1935, 1962). Es verbindet die Vorteile der relativen Betrachtungsweise mit der der absoluten, da einerseits die Werte aller Ionen zahlreicher Analysen in absoluter Höhe eingetragen und durch Linien verbunden sind, andererseits die Steigungen der Verbindungslinien die Verhältnisse der verbundenen Ionen wiedergeben. Parallellaufende Verbindungslinien zeigen verhältnismäßige Wässer unterschiedlicher Konzentration an. Abweichende Verhältnisse im Analysenbild können daher mit einem Blick erkannt werden.

Zur Abschätzung der an Mischvorgängen im Grundwasser beteiligten absoluten Stoffmengen, insbesondere zur Erlangung genauerer Erkenntnisse über die Mengenbilanz sich mischender Mineral- und Süßwässer, wurden am Beispiel der Bad Nauheimer und Bad Salzhausener Mineralwässer Verdünnungsrechnungen durchgeführt.

Hierbei wurde von der Modellvorstellung ausgegangen, daß die verschiedenen Ionenkonzentrationen der Mineralwässer eines Quellortes durch unterschiedliche Vermischung des bekannten höchstkonzentrierten Mineralwassers (in Bad Nauheim Sprudel XII, in Bad Salzhausen Solquelle III) mit süßem Grundwasser entstehen.

Für Verdünnungsvorgänge gelten folgende Beziehungen:

$$Q = \frac{c_1 X - c_3 X}{c_3 X - c_2 X} \quad (I)$$

$$c_2 X = \frac{c_3 X (Q+1) - c_1 X}{Q} \quad (II)$$

Hierbei bedeuten:

- Q = Anzahl der zu 1 l Primärlösung hinzugefügten l Wasser ($Q+1$ = "Verdünnung"; KÜSTER-THIEL-FISCHBECK 1965)
- $c_1 X$ = Konzentration des Ions X in der Primärlösung (in mval/l)
- $c_2 X$ = Konzentration des Ions X im hinzugefügten ("verdünnenden") Wasser (in mval/l)
- $c_3 X$ = Konzentration des Ions X im resultierenden Mischwasser (in mval/l)

Die Errechnung der Ionenkonzentrationen des verdünnenden Wassers läßt sich hiernach zunächst nicht lösen, da in beiden Gleichungen stets zwei Unbekannte erscheinen (Q , c_2X).

Aus den in der Wetterau durchgeführten Quellenuntersuchungen geht jedoch hervor, daß der Chloridgehalt der Süßwässer im Vergleich mit den hohen und stark wechselnden Mineralwässern als verhältnismäßig einheitlich betrachtet werden kann. So lag er bei 124 untersuchten Mineralwasser-unbeeinflussten Grundwässern selten höher als 60 mg/l (1,4 mval/l) und wurde nur in einzelnen Fällen unter 10 mg/l (0,3 mval/l) festgestellt. Der mittlere Chloridgehalt der untersuchten Süßwasser-Quellen betrug 39,4 mg/l (1,11 mval/l). Durch Einsetzen des angenäherten Durchschnittswertes 1 mval/l für Chlorid als c_2X ist Q bestimmbar, da auch c_1X und c_3X bekannt sind (in Bad Nauheim c_1X = X-Ion-Konzentration des Sprudels XII, c_3X = X-Ion-Konzentration der betrachteten Quelle). Aus Formel II sind danach alle übrigen (c_2X -) Ionen zu errechnen.

Die nach diesem Prinzip errechneten Werte der Verdünnungswässer, welche die Bad Nauheimer und Bad Salzhausener Mineralquellen verursachen, sind in Tab. 8 wiedergegeben.

Die resultierenden Analysen sind vereinfacht, da der tatsächliche Verlauf der Vorgänge im Grundwasser sehr kompliziert ist. So dürfte ein Teil der zwischen zwei Lösungen durch "Mischung" veränderten Stoffmengen infolge direkter Reaktion mit dem Nebengestein vermehrt oder verringert worden sein. Im Gegensatz zur Ionenverhältnissberechnung geben die errechneten Analysenbilder jedoch eindeutig quantitative Auskunft über die Summe der abgelaufenen Reaktionen und damit der geänderten absoluten Mengen eines jeden Ions.

Beim Vergleich mehrerer Berechnungen von c_2X im Hinblick auf ein evtl. Nichtzutreffen des nur statistisch ermittelten c_2Cl -Wertes (1 mval/l) ist festzustellen, daß die Ungenauigkeit der errechneten c_2X -Werte sehr gering ist. So würde sich z.B. beim Selzerbrunnen (Wisselsheimer Salzwiesen) unter Annahme des Sprudels XII in Bad Nauheim als Ausgangswasser bei einer etwa vorliegenden c_2Cl -Konzentration von 0,5 mval/l oder 1,5 mval/l (statt 1,0 mval/l) der c_2X -Wert nur um 0,4 % erniedrigen oder erhöhen.

Auch der durch chemisch-analytische Bestimmungsungenauigkeit verursachte und durch Fehlerfortpflanzung rechnerisch erhöhte Fehler ist für vorliegende Betrachtung mit Ausnahme des Natrium-Wertes unerheblich. Er ist in der Folge am Beispiel des Sprudels VII (geringe Verdünnung) und des Ludwigsbrunnens (starke Verdünnung) im Vergleich zu Sprudel XII dargelegt.

Nach freundlicher mündlicher Mitteilung von Herrn MACHNER (Chem. Laboratorium Fresenius, Wiesbaden) kann man bei den in den Bad Nauheimer Sprudeln vorliegenden Konzentrationen und den heute angewandten Analysenmethoden für Chlorid eine maximale Bestimmungsungenauigkeit von ca. $\pm 0,05\%$ ansetzen, wodurch bei Berechnung des Verdünnungsfaktors Q für Sprudel VII eine Ungenauigkeit von $\pm 0,4\%$ und für den Ludwigsbrunnen eine solche von $0,1\%$ entsteht. Für die übrigen Hauptionen sind etwa die folgenden Bestimmungsungenauigkeitswerte einzusetzen:

Na^+ und K^+ : $\pm 2\%$; Ca^{2+} und Mg^{2+} : $\pm 0,1\%$; HCO_3^- : $\pm 0,1\%$; SO_4^{2-} : $\pm 2\%$.

Durch Fehlerfortpflanzung wird diese Ungenauigkeit bei der Berechnung der c_2 -Werte in Formel II z.T. erheblich vergrößert. (s. Tab.1).

Tab. 1: Schwankungsbreite der c_2 -Ionen der "verdünnenden Wässer" bei Sprudel VII und Ludwigsbrunnen (ausgehend von Sprudel XII) in Abhängigkeit von Bestimmungsungenauigkeiten bei der Mineralwasseranalyse.

	Sprudel VII		Ludwigsbrunnen	
	c_2^X mval/l	Schwankung \pm mval/l	c_2^X mval/l	Schwankung \pm mval/l
$c_2\text{Na}^+$	3,31	66,48	0,71	0,41
$c_2\text{K}^+$	1,77	0,67	0,16	0,01
$c_2\text{Ca}^{2+}$	26,54	0,71	6,00	0,01
$c_2\text{Mg}^{2+}$	0,26	0,11	3,76	0,005
$c_2\text{HCO}_3^-$	26,98	0,29	9,59	0,005
$c_2\text{SO}_4^{2-}$	0,29	0,08	0,30	0,005

Mit wachsender Verdünnung wird hiernach die durch Bestimmungsungenauigkeit verursachte mögliche Schwankungsbreite der c_2 -Werte geringer,

wodurch die Aussagegenauigkeit wächst. Bei geringer Verdünnung ist für c_2Na die Ungenauigkeit so hoch, daß c_2Na -Werte sowohl im negativen als auch im positiven Bereich liegen können. Die errechneten Na-Gehalte sind daher nur als grobe Anhaltswerte brauchbar. Die Ungenauigkeit läßt sich jedoch mit Hilfe der Ionenbilanzrechnung der c_2 -Analysen verbessern. Alle anderen Ionen zeigen eine für vorliegende Überlegungen ausreichende Genauigkeit.

5.2. Chemische Beschaffenheit der Süßwässer in der Wetterau

In Tab. 17 sind die Ergebnisse von 127 orientierenden Quellwasser-Analysen der Blätter 5518 Butzbach, 5519 Hungen, 5618 Friedberg, 5619 Staden, 5717 Bad Homburg, 5718 Ilbenstadt, 5719 Altenstadt und 5819 Frankfurt a.M.-Ost zusammengestellt. Hinzu kommen in Tab. 16 13 Vollanalysen von Süßwasserquellen und -Brunnen aus dem Gebiet des Bl. 5618 Friedberg.

Die wichtigsten Werte sind in einem Dreiecksdiagramm (Abb. 3) mit anhängendem Chlorid/Gesamthärte-Diagramm zur Darstellung gebracht.

Entsprechend der für die Problemstellung geringen Bedeutung der hochgelegenen W und E Randbereiche des Arbeitsgebietes wurden aus Süßwasser-quellen, deren Einzugsgebiet aus Gesteinen des *Devon* besteht, 9 Proben und aus Süßwasser-Quellen, die aus tertiären *Basalten* entspringen, 17 Proben entnommen. Ihre Mineralgehalte sind durch die folgenden Werte umrissen:

Tab. 2: Chemische Gehalte süßer Quellwässer aus Devon- und Basaltgesteinen.

	Devon	(Mittelwert)	Basalt	(Mittelwert)
Gesamthärte °dH	1,7 - 17,9	6,4	8,4 - 25,3	17,7
Karbonathärte °dH	1,7 - 11,8	5,0	4,2 - 25,5	14,6
Nichtkarbonath. °dH	0,4 - 6,1	1,4	0,1 - 4,9	2,6
Chloridgehalt mg/l	7,1 - 26,1	13,2	11 - 41	24

Sowohl bei den Härtegraden als auch bei den Chloridgehalten wird die verhältnismäßig geringe Mineralisierung der beiden Gruppen deutlich.

Abb. 3

Beziehungen zwischen Gesamthärte (GH), Karbonathärte (KH), Nichtkarbonathärte (NKH) und Chloridgehalt bei den süßen Quellwässern der Wetterau

Zeichenerklärung

Im Niederschlagsgebiet anstehend:

+ Devon (Taunus)

x Basalt (Vogelsberg)

Tertiär u. Quartär der zentralen Wetterau

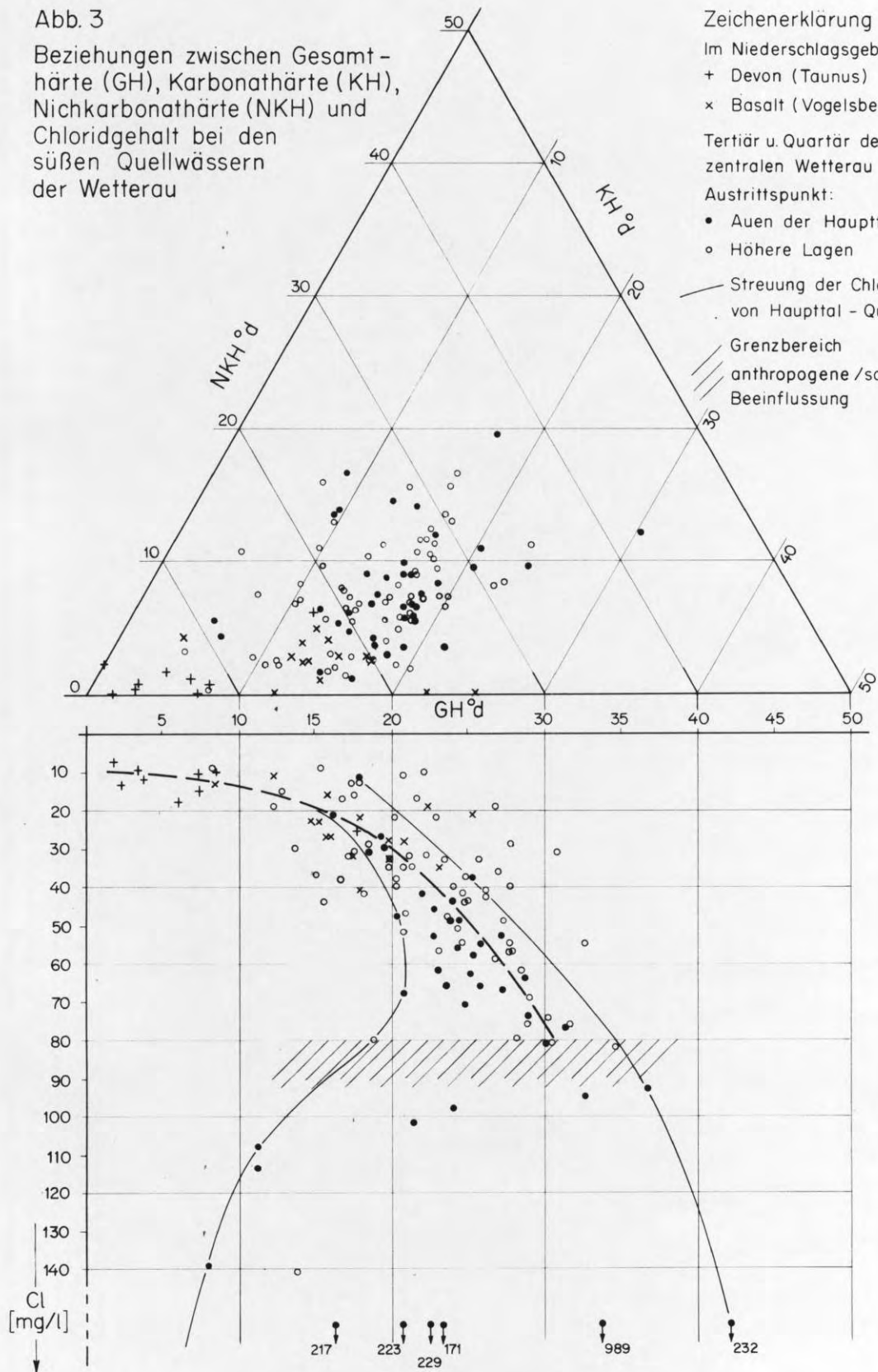
Austrittspunkt:

• Auen der Haupttäler

○ Höhere Lagen

— Streuung der Chloridgehalte von Haupttal - Quellen

/// Grenzbereich anthropogene / salinare Beeinflussung



Neben der primär geringen Löslichkeit der Herkunftsgesteine ist die Ursache hierfür in der vorwiegend forstlichen Nutzung und daher geringen anthropogenen Beeinflussung der Quell-Einzugsgebiete zu suchen.

Wendet man die bei Mineralwässern übliche Typisierungsmethode an, so liegen die Wässer vorwiegend als Calcium (-Magnesium)-Hydrogenkarbonat-Typ vor.

Mit 98 Quellen entfällt die größte Zahl der Untersuchungen auf die Grundwasseraustritte der zentralen Wetterau. Obwohl diese Wässer Gesteinshorizonten verschiedenster lithologischer Beschaffenheit entspringen, ist eine weitere Differenzierung nach stratigraphischen Gesichtspunkten im Hinblick auf die fast überall vorhandene mächtige Überdeckung von kalkhaltigem Löß nicht sinnvoll.

Die chemischen Gehalte sind durch folgende Extremwerte charakterisiert:

Tab. 3: Chemische Gehalte süßer Quellwässer in der zentralen Wetterau

Gesamthärte	7,9	-	36,6	(Mittelwert 23,3)
°dH				
Karbonathärte	4,9	-	23,6	(Mittelwert 15,3)
°dH				
Nichtkarbonath.	0,4	-	19,4	(Mittelwert 7,7)
°dH				
Chloridgehalt	9	-	98	(Mittelwert 44)
mg/l				

Die meisten Wässer in der zentralen Wetterau liegen als Calcium-Magnesium-Hydrogenkarbonat-Wässer vor. Die häufig sehr hohen Härte-Werte bei meist hohem Karbonathärte-Anteil lassen sich z.T. durch den Einfluß der im Einzugsgebiet anstehenden kalkhaltigen Schichten, insbesondere des Löß, erklären. Erheblichen Einfluß auf den Grundwasser-Chemismus hat jedoch bei der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung der zentralen Wetterau die künstliche Düngung (vgl. NÖRING 1951, SCHWILLE 1953, MATTHESS 1958, 1971, THEWS 1972).

Vergleiche alter und junger Analysendaten von Quellwässern in landwirtschaftlich genutzten Lößflächen zeigen, daß die Grundwässer derartiger Gebiete heute kaum noch natürliche chemische Beschaffenheit aufweisen. Bisweilen

nähern sich die Konzentrationen denen von Mineralwässern. So beträgt die Summe der festen gelösten Bestandteile im Pfingstbrunnen S Friedberg 838 mg/l (s. Tab. 16, Nr. 9). Mit den Mineralwässern des Natrium-Chlorid-Typs besteht in diesem Falle jedoch kein Zusammenhang.

Insbesondere bei den Werten der lößbedeckten zentralen Wetterau zeigt sich bei den Chlorid-Gehalten deutlich eine direkte Proportionalität gegenüber der Gesamthärte, was in Anbetracht primärer Chlorid-Armut des Grundwasserleiters ebenfalls auf eine überwiegend anthropogene Herkunft dieser Ionen hinweist. Bei Chlorid-Gehalten über 80 mg/l tritt eine deutliche Verbreiterung der Chlorid-Streuung ein, d.h. es besteht keine Abhängigkeit mehr von der Gesamthärte. Alle höheren Chlorid-Werte gehören Quellen an, die an Auenrändern der tiefgelegenen Haupttäler austreten. Da in gleicher Lage auch fast alle chloridischen Mineralquellen des Untersuchungsgebietes austreten, ist anzunehmen, daß die Chloriderhöhung auf den Einfluß hochmineralisierten Talgrundwassers zurückzuführen ist.

Wie die Werte höhergelegener Quellen zeigen, verursacht landwirtschaftliche Düngung in diesem Gebiet in der Regel keine höheren Chlorid-Gehalte als 80 mg/l. Gehalte von mehr als 100 mg/l weisen daher mit hoher Sicherheit auf Beimischung chloridischer Mineralwässer im Untergrund hin.

Es ist allerdings zu beachten, daß im Untergrund geschlossener Ortschaften durch versickernde Abwässer aus Fäkalgruben und undichten Kanälen Chlorid-Gehalte von 300 mg/l und höher auftreten können (MATTHESS 1958).

Da die untersuchten Quellen jedoch außerhalb solcher intensiver anthropogener Einflüsse liegen, sind als Mineralwasser-beeinflußt die Quellen (Tab. 17) Q 5 und Q 6 bei Münzenberg, Q 24, Q 25 und Q 127 bei Rockenberg, Q 27 und Q 32 bei Oppershofen, Q 81 bei Nieder-Rosbach (ehemalige Mineralquelle an der Harbmühle), SV 13 (Tab. 16) bei Nieder-Mörlen sowie MV 86 (Tab. 15) bei Lißberg zu betrachten.

5.3. Die Mineralwässer in der Wetterau und ihre chemische Beschaffenheit

Die Mineralquellen der Wetterau wurden durch die für Heilkuren verwandten Mineralwässer von Bad Nauheim, Bad Salzhausen, Selters und Bad Vilbel sowie zahlreiche Mineralwasser-Versandbetriebe weit über die Grenzen Hessens hinaus bekannt. Zwischen den genannten Orten finden sich jedoch zahlreiche weitere Mineralquellen, die wegen ihrer geringen Salzkonzentration und Ergiebigkeit außer gelegentlicher Entnahme durch Einheimische und vereinzelter kurzer Erwähnung in der Literatur verhältnismäßig wenig Beachtung fanden. Sie treten vorwiegend in den Tälern der größeren Gewässer und am SE-Rand des Taunus auf. Entsprechend dieser häufig linienhaften Verbreitung werden im anschließenden Abschnitt zunächst die bisher bekannt gewordenen Mineralwasseraustritte unabhängig von ihrer Bedeutung in Fließrichtung der Hauptgewässer bzw. von Norden nach Süden beschrieben.

Die Beschreibung der v. Verf. durchgeführten flächenhaften genaueren Untersuchungen schließt sich in gleicher Reihenfolge in Abschnitt 5.3.1.2. an.

5.3.1. Vorkommen

5.3.1.1. Geschichte und Beschreibung bisher bekannter Mineralquellen und -brunnen

5.3.1.1.1. Wettertal

Ober-Hörgern (Eberstadt), Mineralquelle in den Salzwiesen

Die Mineralquellen von Eberstadt - Ober-Hörgern werden in Urkunden erstmalig um 1600 im Zusammenhang mit ihrer Belehnung an Roland Krug, Amtmann von Nidda, genannt (Staatsarchiv Wiesbaden, Dep. 17, Abt. III, 14; KÖBRICH 1937, 1939/40, S. 352). 1766 wird ein Salzwerk und 1794 eine Neubelehnung an den kurpfälzischen Berghauptmann Johann Adam Müller in Nachfolge für den verstorbenen Joseph Weingärtner in Mainz erwähnt. Zu dem damals geplanten Ausbau des Werkes kam es wegen Kapitalmangels nicht mehr. 1810 wurde die Bewerbung eines Langsdorf um Belehnung mit den Quellen abgelehnt und die Anlage blieb nach dem Tode Müllers 1815 ungenutzt (BLÖCHER 1931, S. 71; s. auch KLIPSTEIN 1790, S. 56).

Eine erste Beschreibung des Quellgebietes gibt WILLE 1828 (S. 141-143), zu dessen Zeit auf der "oberen Hälfte des Grundes" ein in Holz gefaßter Schacht von 2,80 x 2,80 m Weite und 5,30 m Tiefe und mehrere Quellen bekannt waren. Das Wasser wies eine Salzkonzentration von 1,154 % und eine Temperatur von 13,8°C auf. Nach kurzer Erwähnung bei WAGNER (1830, S. 219), LUDWIG (1852) und TASCHE (1858, S. 72) wurden zwei der Quellen von JOCHHEIM (1858) erstmalig analysiert. Es wird dabei auf einen zwischen den beiden austretenden Sauerbrunnen hingewiesen.

Lage: Bl. 5518 Butzbach, Gemeindebezirk Ober-Hörgern, R 34 83 20, H 55 92 15, Überlauf ca. 150 m üNN, Sumpf- und Wiesengelände zwischen der Bahnlinie Friedberg-Lich und dem N Wetterufer, ca. 800 m E des Ortes, am Hangfuß des Würtzberges.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Bei Münzenberg - Ober-Hörgern biegt vermutlich die W Verlängerung der Nordrand-Verwerfung des Horloffgrabens aus ihrem E-W-Verlauf nach NW um und zieht über Eberstadt und Grünigen nach Gießen. An ihr werden die W der genannten Orte unter miozänen Schichten nachgewiesenen paläozoischen Gesteine in der NE angrenzenden Hardt-Scholle in unbekannte Tiefe abgesenkt (SCHOTTLER 1919, S. 69; 1924; 1925, S. 32, 35). Das Mineralwasser steigt vermutlich bevorzugt in der durch Kreuzung der genannten Störungsrichtungen gebildeten Zerrüttungszone auf und tritt in die quartäre Talfüllung über. Mineralquellen entstehen vorwiegend an den Talrändern, wo Hang- und Schichtwässer auf gering wasserwegsame Talsedimente stoßen und sich mit dem hochmineralisierten Talauengrundwasser vermischen. Die Lage der Zerrüttungszone selbst wurde durch höhere Mineralgehalte im Grundwasser der Talmitte nachgewiesen (s. Tab. 18, Analysen Bg. 105, 106, 113-115). Morphologisch ist sie durch Einmündung eines N-S bis NNW-SSE-verlaufenden Seitentales in das stark verbreiterte Wettertal zu erkennen.

Fassung: In Klinkersteinen gemauerter Schacht von 0,27 m x 0,40 m lichter Weite, der in ca. 0,5 m Tiefe einer ebenso bemessenen Holzbohlenverschalung aufsitzt. Die Gesamttiefe beträgt 1,40 m. Begleitet von sporadisch aufperlenden Gasblasen steigt das Mineralwasser ohne erkennbare Trübung auf. Im oberen Teil der Fassung wird an den Wandungen rötlichbrauner Niederschlag (Fe-Hydroxide) ausgeschieden. In Höhe des 0,48 m unter Schachtoberkante stehenden Wasserspiegels fließt das Wasser durch eine handbreite Öffnung in einen Graben über, der zur nahegelegenen Wetter entwässert. Der Schacht erfaßt offensichtlich nur einen Teil des empordringenden Wassers, da sich im Umkreis von ca.

10 m ein dicht mit Schilf bewachsener Sumpf gebildet hat, in dessen stehendem Wasser sich große Mengen Eisenhydroxid ausscheiden.

Schüttung: 0,23 l/s (20.6.67)

Analysen: 1858 JOCHHEIM (JOCHHEIM 1858, S. 82, Analysen zweier Quellen; RASPE 1885, S. 328); 21.2.1967 HLfB¹⁾, THIELICKE (s. Tab. 15, MV 4).

Charakteristik: Natrium-Chlorid-Wasser

Nutzung: Keine

Ca. 200 m NNW der beschriebenen Quellfassung befand sich in dichtem Schilfdickicht bis zum Jahre 1968 ein verfallener Quellschacht von rd. 4 m Tiefe, der vermutlich mit dem von WILLE (1828, s. oben) beschriebenen identisch ist. Sein Wasser wies mit 5879 mg Chlorid/l einen höheren Mineralgehalt als die oben beschriebene Quelle auf (s. Tab. 17, Analyse Q 8). Der Schacht wurde später durch die Erweiterung einer Müllhalde zugeschüttet.

An den übrigen Talrändern befinden sich mehrere schwächere Quellen und flächenhafte Grundwasseraustritte geringerer Mineralkonzentration. Der Talgrund ist bis zur Münzenberger Junkermühle hin stark versumpft, wobei das Grundwasser z.T. höhere Mineralgehalte als die randlich gelegenen Mineralquellen aufweist (s. Tab. 15, Analyse MV 3; Tab. 18, Analysen B 99-127; vgl. Abschn. 5.3.1.2.1.). Die Flora ist stellenweise durch seltene Halophyten geprägt und in zahlreichen Veröffentlichungen beschrieben (FABER 1930; LUDWIG 1951, 1957; dort jeweils zahlreiche weitere Literaturangaben).

Münzenberg, Mineralquelle an der Junkermühle

Vermutlich wegen der höher konzentrierten und daher bedeutenderen nahegelegenen Mineralquellen von Ober-Hörgern wird erst seit WILLE (1828, S. 135) "im Wettertal (über) verschiedene Quellen bis in die Nähe von Münzenberg" berichtet. Genauere Angaben über die "Säuerlinge an der Junkermühle" macht LUDWIG (1852, S. 49). 1850 stieß man in der Junkermühle auf starken Mineralwasserandrang (2,3 l/s), der jedoch zum Schutz der Gebäudefundamente zugeschüttet werden mußte. Ein Teil des

¹⁾ Hessisches Landesamt für Bodenforschung

Wassers trat auch danach noch aus und floß über den Hof. 10 Minuten von der Mühle entfernt trat auf der linken Wetterseite eine zweite ungefaßte Mineralquelle aus (JOCHHEIM 1858, S. 85).

STUCKE (1831, S. 75) und TASCHE (1858, S. 72) erwähnen die Münzenberger Quellen kurz.

Lage: Bl. 5518 Butzbach, Gemeindebezirk Münzenberg, R 34 83 78, H 55 91 87, Überlauf ca. 151 m üNN, unmittelbar am linken Ufer des von der Junkermühle abfließenden Mühlgrabens, ca. 60 m NW der Rückseite der Wirtschaftsgebäude.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: s. Ober-Hörgern

Fassung: Ohne. Das Mineralwasser entspringt punktförmig wenige Zentimeter über dem Bachwasserspiegel aus der steilen Böschung des Mühlgrabens und fließt in häufig wechselnder flacher Erosionsrinne unter Ausscheidung von Eisenhydroxid zum Bach ab. Ca. 3 m W wurde vor wenigen Jahren der Abwasserkanal der Stadt Münzenberg verlegt, der unterhalb in die Wetter mündet. Bei diesen Arbeiten wurde offensichtlich der frühere Austritt des Mineralwassers gestört.

In wenigen Metern Umkreis sind im Bachbett zahlreiche feinste Mineralwasseraustritte zu erkennen, die sich durch rotbraune Flecken von Eisenausscheidung verraten.

Schüttung: 0,05 l/s (am 11.6.1969)

Analyse: 11.6.1969 HlfB, THIELICKE (s. Tab. 15, MV 2)

Charakteristik: Natrium-Chlorid-Wasser

Nutzung: Keine

Mineralquelle Rockenberg

Bei WILLE (1828, S. 140) wird erstmalig bei Rockenberg "in einem Garten an dem linken Wetterufer eine schwache, fast verschlammte Soolquelle" erwähnt, die 0,58 % Salzgehalt und 10,3°C Temperatur aufweist, ohne jedoch einen Abfluß zu zeigen. Diese Angaben wurden auch von LUDWIG (1852, S. 43), TASCHE (1858, S. 73) und JOCHHEIM (1858, S. 85-86) übernommen. Nach Letztgenanntem befanden sich " in der Nähe der Wetter und im Bette derselben noch mehrere Quellen von geringem Salzgehalt".

Lage: Bl. 5518 Butzbach, Gemeindebezirk Rockenberg, R 34 81 03, H 55 88 09, Überlauf ca. 141 m üNN, ca. 60 m E des linken Wetterufers und ca. 80 m NE der Straßenbrücke über die Wetter, im Hintergarten des Hauses Untergasse 6, nahe dem E Hangfuß des Wettertales.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Quartäre Talfüllung im Zerrüttungsbereich der eggisch streichenden Wettertal-Störung (vgl. Abschnitt 4.2.).

Fassung: Provisorisch mittels eines bis zu 1,20 m Tiefe eingegrabenen Betonrohres von 1,30 m Länge und 0,60 m lichter Weite. Bei 0,70 m u.Fl. unterirdischer Ablauf des Quellwassers über Dränrohre zur Wetter hin.

Schüttung: 0,05 l/s (10.10.1968). Nach Aussage des Besitzers ging bei Ausschachtungsarbeiten zum Neubau der ca. 80 m entfernt gelegenen Straßenbrücke die Schüttung erheblich zurück. (Im Bachbett unter der Wetterbrücke ist ständiger Gasblasen-Aufstieg zu beobachten.)

Temperatur des Wassers: 12,0°C (bei 17,5°C Lufttemperatur)

Gelöste Bestandteile: Am 10.10.1968 wurden folgende chemischen Gehalte festgestellt: 1269 mg/l Chlorid, 361 mg/l Hydrogenkarbonat, 32,0°d Gesamthärte, 154 mg/l gelöstes Kohlendioxid.

Nutzung: Keine

Die Mineralquellen von Wisselsheim-Steinfurth

Geologische Verhältnisse: Die Wisselsheim-Steinfurth Mineralquellen treten in der Talaue verstreut aus den quartären Lockersedimenten der Talfüllung aus, welche nach Ergebnissen eigener Bohrsondierungen zwischen Selzerbrunnen und dem Riedgraben in weitgehend gleichbleibender Mächtigkeit von ca. 6 bis 8 m und weiter N in unbekannter Mächtigkeit schiefbrig-sandige Schichtfolgen des Devon überdecken. Devon konnte auch an beiden Talflanken nachgewiesen werden. S des Selzerbrunnens wird das Quartär von vermutlich tertiären Lockersedimenten unterlagert, so daß in unmittelbarer Nähe dieser Mineralquelle eine Verwerfung das Tal queren muß. Eine andere, in Talrichtung verlaufende Verwerfung, auf die SCHÖNHALS (1936, S. 66) hinwies, läßt sich nach den jüngsten Kartiierungsergebnissen nicht nachweisen. Bei dem hier auffallend gerad-

linigen Verlauf des Wettertales und den zahlreichen Mineralwasservorkommen ist jedoch zumindest eine starke Zerrüttung in dieser Richtung wahrscheinlich.

Steinfurther Säuerling ("Steinfurther Sauerbrunnen")

Obwohl in seiner Fassung "uralt" und in den nahen Dörfern gern getrunken (LUDWIG 1855d, S. 69, s. auch WAGNER 1830, S. 328), wird der Steinfurther Säuerling erst bei WILLE 1828 (S. 140) beschrieben. Er entsprang zu dieser Zeit einer 1,42 m langen und 1,14 m breiten, mit Steinen ausgemauerten Fassung, in der sich 0,57 m hoch das Wasser ansammelte. Das Wasser wies 10,9°C, 0,36 % Mineralgehalt auf und hatte eine Schüttung von 0,1 l/s. Bei STUCKE 1831, S. 81; LUDWIG 1852, S. 49, und TASCHE 1858, S. 73, wird der Säuerling nur kurz erwähnt. JOCHHEIM gibt 1858 (S. 119/120) die erste vollständige Analyse, nach der das Wasser 948 mg/l Chlorid und 380 mg/l Hydrogenkarbonat enthält.

Lage: Bl. 5618 Friedberg, Gemeindebezirk Steinfurth, R 34 82 76, H 55 83 31, Überlauf ca. 137 m üNN, ca. 1,2 km S des Ortsausganges von Steinfurth, am E Hangfuß des Wettertales.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Die Tonschiefer des unteren Mitteldevons am Talhang grenzen an der Quelle an die stark tonig-schluffige, z.T. torfige quartäre Talfüllung.

Fassung: Das Mineralwasser tritt an dem hier von der talseitigen Böschung der Landstraße gebildeten Talhang aus und ist in einem in die Böschung eingelassenen Brunnenhäuschen gefaßt. Der quadratisch gemauerte flache Quellschacht ist durch eine Eisentür vor Verunreinigungen geschützt (1970 nicht zu öffnen). Das Mineralwasser läuft im Niveau der Talaue aus. Es kann an zwei Hähnen entnommen werden.

Schüttung: 0,04 l/s (4.7.1968)

Analysen: 1858 JOCHHEIM (JOCHHEIM 1858, S. 119), 5.7.1968 HlfB, THIELICKE (s. Tab. 15, MV 12).

Charakteristik: Natrium-Calcium-Hydrogenkarbonat-Säuerling

Nutzung: Keine

Selzerbrunnen

Die N Wisselsheim austretenden höherkonzentrierten Mineralquellen und ein mit ihnen verbundenes Salzwerk werden urkundlich zum ersten Mal im Jahre 1596 als Kurmainzisches Erblehen mehrerer adeliger Familien genannt (BLÖCHER 1931, KÖBRICH 1937). Durch häufig wechselnde Besitzverhältnisse (1723/24 an Löw von Steinfurth; 1740 an Kurmainz zurück; 1803 an Großherzogtum Hessen) sowie beengte Lage im Gebiet der Gemeinde Nieder-Mörlen und des Herrn Löw zu Steinfurth kam das Werk nie zu großer Bedeutung, obwohl WURZER (1821) es als "berühmte kurhessische Saline" bezeichnet hat. Zur Zeit von WILLE (1828) befand sich die Saline noch in vollem Betrieb. Das Werk nutzte von zahlreichen Quellen (wovon 4 genannt werden) nur 2 (Brunnen Nr. 3 und Nr. 4, letzterer vermutlich der heutige Selzer Brunnen), die 0,77 - 1,20 l/s bzw. 1,20 - 1,35 l/s schütteten und Temperaturen von 11,2°C bzw. 11,9°C aufwiesen. Die Mineralgehalte werden mit 1,02 % und 0,66 % angegeben. Die "Quellpunkte" hatten eine Tiefe von 4,50 m (s. auch WAGNER 1830, S. 328).

1830 wurde der Betrieb der Saline eingestellt, die Bauten abgerissen und die Quellen überwiegend zugeschüttet. LUDWIG erwähnt bereits 1852 (S. 43) und 1855 (S. 68, s. auch STUCKE 1831, S. 85) nur noch die auch heute noch vorhandene Quelle dicht am Wetterufer, die "öfter als Kurbrunnen benutzt" wurde. Sie war 1858 (JOCHHEIM, S. 73) mit Resten einer Holzfassung versehen, 256 m lang, 2,85 m breit, ursprünglich 4,55 m, durch abgelagerten Unrat jedoch kaum 3,60 m tief (s. auch TASCHE 1858, S. 74). LUDWIG gibt 1858 die erste volle chemische Analyse des Wassers wieder und weist auf 4 andere ungefaßte Solquellen von ähnlichem, schwächerem Salzgehalt und auf zahlreiche Mofetten hin.

Kurze Erwähnung finden die Quellen bei KLIPSTEIN (1790, S. 53), STUCKE (1838, S. 85), MÖLLER (1835, S. 28), VETTER (1838, S. 289) und KOCH (1844, S. 136).

Lage: Bl. 5618 Friedberg, Gemeindebezirk Nieder-Mörlen, R 34 82 82, H 55 82 57, Überlauf ca. 137 m üNN, im Wettertal ca. 400 m NW des Ortsausganges von Wisselsheim, 2 m vom rechten (W) Ufer der Wetter entfernt.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: 7,40 m mächtige, quartäre, hier überwiegend torfig-feinklastische Talfüllung über Devon-Tonschiefern (nach einer Sondierbohrung des Verf.).

Quellbeschreibung: In der flachen, hier als Wiese genutzten Talaue dringt in einer trichterförmigen Mulde das Mineralwasser aus dem Untergrund empor und bildet einen Quellteich von ca. 3 m Durchmesser und wenigen Dezimetern Tiefe. In einem handbreiten Graben fließt das Wasser zur nahegelegenen Wetter ab. Das Aufdringen des Wassers ist in unregelmäßigem Wechsel von dicht aufperlenden Kohlendioxid-Gasblasen begleitet, die aus zahlreichen Öffnungen der Quellmulde entweichen. Im Wasser liegende Äste sind mit dunkel-braunen bis rötlich- und bläulich-violetten Eisenoxidhydratfällungen überzogen, die auch an der Wasseroberfläche schaumige Gebilde entstehen lassen. Einzelne im Wasser stehende stark verwitterte Holzpfostenreste lassen auf eine ehemalige Fassung schließen. Auch die ca. 0,50 m hohe wallartige Aufschüttung um den Quellteich weist auf Arbeiten an der Quelle hin. Der Wasserspiegel liegt nur wenige Zentimeter über dem der Wetter, so daß schon bei geringem Hochwasser das Bachwasser eindringt und den Austritt des Mineralwassers stört. Je nach dem Wasserstand des Flusses erfolgt dann Auswaschung oder Sedimentation der Bachwassertrübe im Quellteich.

Schüttung: 0,09 l/s (17.5.1967)

Analysen: 1844 BUNSEN (erwähnt bei TASCHKE 1858, S. 74), 1858 JOCHHEIM (JOCHHEIM 1858, S. 119/120), 3.7.1968 HLfB, THIELICKE (s. Tab. 15, MV 14)

Charakteristik: Eisenhaltiger Natrium-Chlorid-Säuerling

Nutzung: Keine

In der näheren Umgebung des Selzerbrunnens befinden sich in der Wiese noch mehrere andere kleinere Mineralwasser- bzw. Kohlendioxidgas-Austritte, welche jedoch nicht immer wassergefüllt sind und keinen sichtbaren Abfluß aufweisen. So liegen in 8 bis 10 m Abstand W der Quelle Vertiefungen mit 0,10 m - 0,30m Durchmesser, wovon eine durch intensive Fällungen von Eisenverbindungen und starke Kohlendioxid-Entwicklung auffällt. Der Wasserspiegel schließt mit der Geländeoberkante, die hier ca. 0,50 m über dem der Hauptquelle liegt, ab.

Eine nur ca. 2 m entfernt gelegene Vertiefung von 0,70 m Tiefe ist in der Regel zur gleichen Zeit trocken.

In der gleichen Richtung liegt in ca. 30 m Entfernung vom Selzerbrunnen ein Tümpel von ca. 2,50 m Durchmesser mit hoher Salinität des Wassers und einiger CO_2 -Entwicklung. Der Salzgehalt des Wassers dürfte durch Einflüsse des Niederschlages und der Verdunstung im Jahreslauf stark wechseln.

Nach WILLE (1828, S. 138) befand sich vor seiner Berichterstattung "wenige 100 Schritte" talabwärts der zur Saline gehörenden Quellen eine durch Bohrversuche entstandene und von einigen Steinen eingeschlossene Quelle, die schwach säuerlich schmeckte und ca. 0,1 l/s bei 0,21 % Mineralgehalt schüttete. Der Quellsprung war damals bereits verschlammte und ist heute nicht mehr feststellbar.

Rödgen, Säuerling

1828 berichtet WILLE (S. 138) von einem 4' (1,2 m) tiefen und kreisförmig ausgemauerten Brunnen am linken Wetterufer in Rödgen, dessen Wasser bei ca. 0,06 l/sec Schüttung 0,21 % gelöste Bestandteile und $11,8^\circ \text{C}$ aufweist. Diese Angaben übernahm JOCHHEIM (1858, S. 119).

LUDWIG (1852, S. 49) und TASCHKE (1858, S. 73) weisen nur kurz auf den Säuerling hin. Der Mineralwasseraustritt scheint jedoch zeitweise nicht bestanden zu haben, da bereits LUDWIG (1855d, S. 70) von dem "früher" existiert habenden Sauerbrunnen spricht. Nach mündlichen Berichten Rödgener Einwohner bestand in jüngerer Zeit bis zum Beginn der 50er Jahre des 20. Jh. wieder eine Mineralquelle am linken Wetterufer, die jedoch beim Neubau der Brücke zugemauert wurde. Unter der Brücke sei bei klarem Wetter bisweilen Emporsprudeln von Quellwasser im Bachbett festzustellen. Mineralwasser ist heute nur noch in dem nahegelegenen Schachtbrunnen links der Wetter nachzuweisen (Tab. 18, Bg. 219-221).

Lage: Bl. 5618 Friedberg, Gemeindebezirk Wettertal, Ortsteil Rödgen, R 34 83 22, H 55 81 23, Überlauf ca. 137 m üNN, Wiese auf der linken Seite der Wetter, ca 40 m E des Ufers und ca. 80 m N der Straßenbrücke nach Bad Nauheim.

Geologische Verhältnisse: Quartäre Talfüllung (Auenlehm)

Fassung: Provisorisch mittels eines bis zu 1,05 m Tiefe eingelassenen Betonrohres von 1,30 m Länge und 0,60 m lichter Weite. Es ist mit Brettern abgedeckt und mit einer automatischen Viehtränke versehen.

Schüttung: Kein oberirdischer Abfluß (Schachtbrunnen).

Analyse: 3.7.1968 Hlfb, THIELICKE (s. Tab. 15, MV 15)

Charakteristik: Natrium-Calcium-Chlorid-Hydrogenkarbonat-Säuerling

Nutzung: Keine

Die Mineralquellen von Schwalheim-Dorheim

Geologische Verhältnisse: Zwischen Schwalheim und Dorheim treten am N Hangfuß des hier E-W verlaufenden Wettertales im Grenzbereich zwischen der quartären Talfüllung und der die Anhöhe bildenden tertiären Schichtfolge 5 Mineralquellen aus, von denen die bekannteste, der Schwalheimer Sauerbrunnen, seit Jahrhunderten zu den meistgenannten der Wetterau zählt.

Das Aufdringen des Mineralwassers wird durch eine N-S verlaufende Verwerfungszone begünstigt, welche die Basalte des Weinberges gegen die des Rehberges um mehrere Zehnermeter versetzt. Senkrecht hierzu zieht eine zweite Verwerfung vom Germania-Brunnen in Nordostrichtung parallel zur Römerstraße. SCHÖNHALS (1936) gibt eine E-W streichende Verwerfung im Wettertal an, das hier in auffallender Weise dieser Richtung folgt, doch konnte sie bei der jüngsten Kartierung durch KÜMMERLE nicht nachgewiesen werden. Das Mineralwasser breitet sich in der quartären Talfüllung aus und konnte vom Verf. mittels Flachbohrungen in der Talmitte nachgewiesen werden (s. Tab. 18, Bg. 234-239).

Schwalheimer Säuerling

Zahlreiche römische Münzen, die bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts bei jeder Reinigung des Schwalheimer Säuerlings gefunden wurden (KÄMPF 1779, GÄRTNER 1786; Anonym 1801, S. 762, MARTIN 1910, 1926), sowie Gefäße mit römischen Töpferstempeln, die im näheren Umkreis der Fassung gefunden wurden, bezeugen, daß die Quelle bereits zu Beginn unserer Zeitrechnung regelmäßig genutzt wurde. Die ersten literarischen

Erwähnungen finden sich bei GUINthTERIUS ANDERNACUS (1565, S. 147), in dessen deutscher Übersetzung als "fuertrefflicher Sauerbrunnen" von ETSCHEⁿNREUTHER (1571, S. 72) und bei WINKELMANN (1697, S. 97), wonach auch TABERNAEMONTANUS (1784, S. 80) ausführlich die medizinische "Krafft und Wirckung" des Sauerwassers rühmt. Später wird die Quelle bei DIELMANN (1747, S. 357), KUEHN (1789, S. 517), HOFFMANN, in der "Systematischen Beschreibung aller Gesundbrunnen .. (1801) und von HUFELAND (1815), KRETSCHMAR (1817), STUCKE (1831, S. 80), TUNNERMANN (1832, S. 42) und MÖLLER (1835, S. 30) nur kurz erwähnt.

Die erste ausführliche qualitative Untersuchung des Wassers war 1772 von THILENIUS (THILENIUS 1772, S. 41-50) durchgeführt worden, der sich eine weitere von KÄMPF (1779) anschloß (vgl. MARTIN 1910). Auf die ausführliche chemische und balneologische Würdigung des Wassers durch die letztgenannte Arbeit hin wurde die Quelle im Jahre 1779 nach ihrer Übernahme durch den Erbprinzen Wilhelm von Hessen zu Hanau sorgfältig gefaßt. Danach wurde die erste quantitative Analyse des Wassers von GÄRTNER (1786) durchgeführt. Eine genauere quantitative Untersuchung nach damals modernsten chemischen Erkenntnissen fertigte jedoch erst WURZER (1821) an. Zu seiner Zeit war die Hauptquelle mittels eines in Holz gezimmerten 3,80 m tiefen und 1,4 x 1,4 m weiten Schachtes, der "im klüftigen Basalt" stand, gefaßt. Das Mineralwasser wurde damals in der näheren Umgebung bereits kurmäßig getrunken und darüber hinaus in mehr als 20 000 Krügen jährlich in alle Welt abgesetzt. Den Gemeinden Schwalheim, Nauheim, Dorheim und Friedberg war jedoch das Recht erteilt, abgesehen von einer geringen jährlichen Pauschalzahlung, die an die Gemeinde Schwalheim zu entrichten war, unentgeltlich am Brunnen Wasser zu schöpfen (BODE 1853, S. 118).

1831 wurde die viereckige Fassung durch eine runde ersetzt (LUDWIG 1852, 1853a) und dabei festgestellt, daß das Wasser am Grunde des Quellschachtes aus jeweils einer Quelle aus E und W Richtung herzutritt. 1834 errichtete man ein Gebäude für Trinkkuren (LUDWIG 1853a, S. 118), das bis zu seinem Abbruch wegen Baufälligkeit im Jahre 1962 bestand. Nach Durchführung einer Wasseranalyse durch LIEBIG (1839) stieg der Versand auf jährlich mehr als 30 000 Krüge (OSANN 1841, S. 839) und bis zum Jahre 1860 auf etwa 200 000 Krüge an (LERSCH 1860, S. 1477).

In den folgenden Jahren, vermutlich durch Erbohrung des ähnlich wohl-schmeckenden Ludwigsbrunnens in Bad Nauheim, verlor der Schwalheimer Säuerling an Bedeutung. Nach der Jahrhundertwende wurde der Versand seines Wassers weitgehend durch die Fassung der auf Dorheimer Ge-meindegebiet liegenden Quellen Germaniabrunnen und Fortunabrunnen sowie durch die neu erbohrte Löwenquelle abgelöst.

Lage: Bl. 5618 Friedberg, Gemeindebezirk Schwalheim, R 34 84 21, H 55 79 82, Überlauf 129,06 m üNN, ca. 250 m W des Ortsausganges von Schwalheim, S der Straße, am N-Rand des Wettertales.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Quartäre Talsedimente (nach WURZER 1821 und MARTIN 1926, S. 10 vermutlich lehmige Schotter aus Basalt, Quarz, Grauwacke und Tonschiefer - vgl. Bohrprofil der Löwenquelle; SCHÖNHALS 1936, S. 118).

Fassung: Die Quelle entspringt in einem über Treppen zugänglichen, 2,50 m tiefen und 8 m weiten quadratischen Betonschacht. Die eigentliche Fassung besteht aus einer faßartig runden Eichenholzfassung von oben 1,32 m und unten 1,48 m Durchmesser. Sie reicht bis ca. 2,50 m unter das Überlaufniveau und damit ca. 4,80 m unter das umgebende Terrain. Mittels eines gezahnten, metallenen Unterrandes sitzt sie einer Kies-füllung auf. Der herausragende Teil der Fassung ist mit einem 2 m wei-ten, gußeisernen Ring umgeben, der von einer konisch aufgewölbten Kup-ferkuppel abgedeckt ist. Das Wasser fließt aus 6 kupfernen Rohren über, so daß das Wasser bequem von Hand abgefüllt werden kann. Eine Rohrlei-tung dient zur Ableitung des Mineralwassers zum ca. 250 m E gelegenen Abfüllbetrieb des Staatsquellen-Vertriebes.

Schüttung: Zwischen 0,33 l/s und 0,80 l/s schwankend, zur Zeit der Probennahme für die Analyse (Tab. 15, MV 17) 0,44 l/s.

Analysen: 1772 THILENIUS (qualitativ, THILENIUS 1772), 1779 KÄMPF (/KÄMPF-7 1779), 1786 GÄRTNER (Anonym 1801, S. 762: HUFELAND 1815; ZWIERLEIN 1815, S. 263; HOFFMANN 1815, S. 208; KRETSCHMAR 1817; BLEY 1831, S. 426; OSANN 1832, S. 653; 1841, S. 839; LERSCH 1860, S. 1477, teilw.), 1821 WURZER (WURZER 1821, S. 36; WILLE 1828, S. 136; SOBERNHEIM 1836, S. 61; VETTER 1838, S. 288; SIMON 1839, S. 216; OSANN 1832, S. 653; 1841, S. 839; LERSCH 1860, S. 1477), 1839 LIEBIG (LIEBIG 1839; GRANDIDIER 1843, S. 66; BODE 1853, S. 119; ERLÉN-

MEYER 1855; JOCHHEIM 1858, S. 117; BENEKE 1859, S. 26; LERSCH 1860, S. 1477; "Das kohlen säurehaltige Soolbad ..." 1872, S. 22; RASPE 1885, S. 417; ROSEMAN 1897, S. 93; SCHOTT 1900, S. 22; SPEYER o.J.), ohne Datum CHATIN (LERSCH 1860, S. 1546), 1900 SONNE ("Bad Nauheim", 1904), 1903/1904 SONNE ("Deutsches Bäderbuch", 1907, S. 67; "Reichs-Bäder-Adressbuch", 1929, S. 122; 1930, 1931; "Bad Nauheim", 1955, S. 17, 1906 SONNE ("Fremdenführer für Bad Nauheim", 1911, S. 16; "Führer von Bad Nauheim", 1913; 1920, S. 20; "Bad Nauheim" 1916, S. 8), 1956 Staatliches Quellenforsch.-Inst. Bad Nauheim, MÜLLER ("Bad Nauheim", 1963, S. 17; s. Tab. 15, MV 17), 1968 Chem. Abt. v. KIPMB¹⁾, MÜLLER (/MÜLLER 7 1970).

Charakteristik: Natrium-Calcium-Chlorid-Hydrogenkarbonat-Säuerling

Nutzung: Trinkkur, Versand

Löwenquelle

Die Löwenquelle wurde im Jahre 1903 als Bohrbrunnen erschlossen.

Lage: Bl. 5618 Friedberg, Gemeindebezirk Schwalheim, R 34 84 20, H 55 75 81, Überlauf 129,039 m üNN, ca. 500 m E des Ortsausganges von Schwalheim, 32, m SW des Schwalheimer Sauerbrunnens.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: In der im Jahre 1903 bis 21,30 m Tiefe abgeteufte Bohrung wurden bis 9,85 m stark organisches Material führende quartäre Tone, Sande und Kiese angetroffen, unter denen klastische Sedimente des Jungtertiärs lagern (Schichtenprofil in SCHÖNHALS 1936, S. 118; andere Tiefenangabe in der Ausbauezeichnung des Hessischen Staatsbades Bad Nauheim (s. unten).

Fassung: 25,50 m tiefer (Angaben nach einer Ausbauezeichnung des Staatsbades Bad Nauheim) Bohrbrunnen und bis zur Tiefe von 19,70 m (bezogen auf 129,1 m üNN) mit 600 mm weitem Rohr gefaßter Bohrbrunnen. Das im Fassungsrohr eingeführte kupferne Steigrohr von 150 mm lichter Weite ist in Kies eingeschüttet. Der Brunnenkopf befindet sich ca. 5,50 m unter Flur innerhalb eines Brunnengebäudes. Mittels Pumpen wird das Mineralwasser über Rohrleitung zu den ca. 250 m in W Rich-

¹⁾ Chemische Abteilung von Klinik und Institut für Physikalische Medizin und Balneologie der Justus-Liebig-Universität Gießen, Bad Nauheim.

tung entfernt gelegenen Abfüllanlagen des Staatsquellen-Vertriebes geleitet. Von der Bevölkerung kann das Mineralwasser direkt am Brunnengebäude in einer von außen frei zugänglichen Gruft, ca. 2m unter dem Niveau des Normalterrains an zwei Hähnen entnommen werden.

Schüttung: 2,50 l/s am 22.12.1955

Analysen: 1903/1904 SONNE ("Deutsches Bäderbuch", 1907, S. 68); 1906 SONNE ("Deutsches Bäderbuch", 1907, S. 522; "Fremdenführer für Bad Nauheim, 1911, S. 16; "Führer von Bad Nauheim", 1913, 1920, S. 20; "Bad Nauheim" 1916, S. 8; "Reichs-Bäder-Adressbuch" 1929, S. 122; 1930, 1931; "Bad Nauheim", 1955, S. 17), 1955 Staatl. Quellenforsch.-Inst. Bad Nauheim, MÜLLER ("Bad Nauheim" 1963, S. 17; s.Tab. 15, MV 16).

Charakteristik: Natrium-Calcium-Chlorid-Hydrogenkarbonat-Säuerling

Nutzung: Versand

Die Dorheimer Mineralquellen

Um 1724 wurde 200 Schritt vom Schwalheimer Brunnen eine in der Gemarkung Dorheim liegende Quelle in einem Faß gefaßt und Faßbrunnen genannt. 1784 bestanden zwei gefaßte und ein ungefaßter Brunnen (MARTIN 1926, S. 6). WURZER (1821) nennt "mehrere Mineralquellen, wovon verschiedene mit einem Faß umgeben sind, einer 'Perlbrunnen', ein anderer 'Cristallbrunnen' genannt". WILLE (1828, S. 137) gibt hierzu physikalische Daten an:

Tab. 4: Physikalische Daten der Dorheimer Mineralquellen nach WILLE (1828)

	Temp °C	Dichte	Gehalt (%) %	Schüttg.l/s l/s	Fassungstiefe (m)
Hauptquelle (Schwalh.Br.)	10,9	1,0027719	0,395	0,5-1	4,15
Perl-Br.	11,5	1,0028499	0,405	-	2,50
Crystal-Br. (Kl.Perlbr.)	11,2	1,0030792	0,43	0,1	ohne F. 1,10

Auch im "Intelligenzblatt für die Provinz Oberhessen (1835, 2. Jg., No. 22: "Die Sauerbrunnen im Landgerichtsbezirk Karben" - vermutlich von BUSS, Friedberg, zit. in MARTIN 1910) werden bei Dorheim zwei Mineralquellen, der Selzbrunnen und der Perlbrunnen, aufgeführt. "Mehrere mangelhaft gefaßte Quellen im (dem Schwalheimer Sauerbrunnen) benachbarten Erlenwäldchen" erwähnt auch LUDWIG (1853 a). Er berichtet (LUDWIG 1852, S. 48) von einer dort niedergebrachten 88' (25 m) tiefen Bohrung, die unter 10,8 m Ton 1,1 m Torf und bis zur Endteufe Sand antraf. Nach WEISS & GROEDEL (1900, zit. in MARTIN 1910) fanden sich auch "bei einer in 1856 vorgenommenen neuen Fassung einer in dem damaligen Erlenwäldchen vorhandenen Sauerquelle ... 23 kupferne und 3 silberne Münzen und man entdeckte in der Nähe des Brunnens unter Schutt liegende Badeeinrichtungen" (s. auch LUDWIG 1852). Er macht keine Angaben über das vermutliche Alter der beschriebenen Funde. Der erste Ausbau der heute bestehenden drei Quellfassungen wurde zu Beginn des 20. Jahrhunderts vorgenommen. Das Mineralwasser wird seitdem in zunehmendem Maße zum Versand genutzt.

Germaniabrunnen

Lage: Bl. 5618 Friedberg, Gemeindebezirk Dorheim, R 34 84 47, H 55 79 78, Überlauf ca. 129 m, ca. 550 m W des Ortsausganges von Dorheim, ca. 250 m E des Schwalheimer Sauerbrunnens, S der Straße, im Abfüllgebäude des Staatsquellen-Vertriebes "Germaniabrunnen".

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Quartäre Talfüllung über jungtertiären Porengrundwasserleitern.

Fassung: Die im Jahre 1906 durchgeführte Fassung von 5 m Tiefe wurde im Jahre 1960 erneuert. Hierbei wurde innerhalb des bestehenden 1000 mm weiten HAGUSTA-Rohres (0 - 4,12 m vollwandig, 4,12 - 5,52 m geschlitzt) eine Bohrung bis auf 5,90 m Tiefe niedergebracht und von 1,80 m - 5,80 m Tiefe HAGUSTA-Filterrohr von 400 mm lichter Weite verloren eingebaut. Der oberste Meter dieses Rohres ist vollwandig, der untere Teil geschlitzt. Die Filterrohre sind mit Kies hinterfüllt, das 1000 mm-Rohr von 1,30 bis 2,30 m u.Fl. zur Sicherung gegen Oberflächenwasser mit Ton abgedichtet. Der vom 1000-er Rohr gebildete Quellschacht ist mit einer Plexiglashaube abgedeckt,

so daß das Empordringen des Mineralwassers und des Kohlendioxid-Gases von oben her beobachtet werden kann. Die flüssigen und gasförmigen Komponenten werden getrennt zum Abfüllen gesaugt.

Schüttung: Von 0,25 - 0,42 l/s wechselnd (am Tag d. Probenahme z. Analyse Tab. 15, MV 18).

Analysen: 1892 POPP & BECKER (Dt. Bäderbuch 1907, S. 68), 1937 Staatl. Chem. Untersuchungsamt Gießen ("Bad Nauheim", 1955), 14.12.1967 KIPMB, MÜLLER, (s. Tab. 15, MV 18).

Charakteristik: Natrium-Calcium-Chlorid-Hydrogenkarbonat-Säuerling

Nutzung: Versand

Steinquelle

Lage: Bl. 5618 Friedberg, Gemeindebezirk Dorheim, R 34 84 46, H 55 79 79, Überlauf ca. 127 m, ca. 550 m W des Ortsausganges von Dorheim, ca. 250 m E des Schwalheimer Sauerbrunnens, S der Straße auf dem Hof des Staatsquellen-Vertriebes "Germaniabrunnen", ca. 10 m NW des Germaniabrunnens und 3 m S der Fortunaquelle.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Quartäre Talfüllung über jungtertiären Porengrundwasserleitern.

Fassung: Unter der Asphaltdecke des Betriebeshofes, gegen Verunreinigung durch einen guseisernen Deckel geschützt, befindet sich ein ca. 2,10 m tiefer und 1,46 m weiter Vorschacht aus Beton, an dessen Sohle ein 450 mm weites Filterrohr einzementiert ist und bis in 4,30 m Tiefe u.Fl. reicht. Letzteres sitzt dort graugelben Quarzkiesen unter graugelben, lettigen Triebssanden auf (nach Ausbauzeichnung). Der Vorschacht stellt die ursprüngliche Fassung der Quelle aus dem Jahr 1905 dar, welche später durch die Bohrlochfassung vertieft wurde.

Schüttung: 0,5 l/s (am 2.3.1957)

Analysen: 1957 Staatl. Quellenforschungsinstitut Bad Nauheim, MÜLLER (s. Tab. 15, MV 19)

Charakteristik: Natrium-Calcium-Hydrogenkarbonat-Chlorid-Säuerling

Nutzung: Versand

Fortunaquelle

Lage: Bl. 5618 Friedberg, Gemeindebezirk Dorheim, R 34 84 46, H 55 79 79, Überlauf ca. 127 m üNN, ca. 550 m W des Ortsausganges von Dorheim, ca. 250 m E des Schwalheimer Sauerbrunnens, auf dem Hofe des Staatsquellen-Vertriebes Germaniabrunnen, 3 m N der Steinquelle.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Quartäre Talfüllung über jungtertiären Porengrundwasserleitern.

Fassung: Unter der Asphaltdecke des Betriebshofes, gegen Verunreinigung durch einen gußeisernen Deckel geschützt, befindet sich ein ca. 4,20 m tiefer und 1,72 m weiter runder Beton-Quellschacht, dessen Sohle ca. 0,60 m hoch mit Filterkies und daraufliegender abdichtender Betondecke versehen ist. Das Mineralwasser dringt aus einer in den Kies eingebetteten, ca. 1 m weiten und ca. 0,50 m unter die Basis des Betonfundaments reichenden, vermutlich aus losen Steinen gemauerten (älteren?) Fassung.

Schüttung: 0,19 l/s (am 13.10.1956)

Analyse: 1956 Staatl. Quellenforschungsinstitut Bad Nauheim, MÜLLER (s. Tab. 15, MV 20).

Charakteristik: Calcium-Natrium-Hydrogenkarbonat-Chlorid-Wasser

Nutzung: Versand

5.3.1.1.2. Fauerbach- und Usatal

Die Fauerbacher Mineralquelle

Die Fauerbacher Mineralquelle wurde erstmalig von KLIPSTEIN (1790, S. 74) beschrieben. Ihr Wasser war 1781 beim Abteufen eines Brunnenschachtes unter 22 Fuß (6,50 m) mächtigen Tonschichten gefunden worden und "1782 durch Langsdorf von Salzhausen weiter verfolgt worden" (KÖBRICH 1939/40, S. 351). Nach JOCHHEIM (1858, S. 115) wurde in den 20er Jahren des 19. Jahrhunderts ein Brunnen gegraben ("in einem Thonlager"), dessen ursprüngliche Tiefe 50 - 60 Fuß (14 - 17 m), Länge 6 Fuß, 5 Zoll (1,83 m) und Breite 4 Fuß, 3 Zoll (1,21 m) betrug, mit Eichenholzbohlen gefaßt und mit einem Maueraufsatz von 3 Fuß (0,85 m) Höhe versehen war (vermutlich der noch heute

bestehende Schacht). Da die Quelle eine solch hohe Schüttung aufwies, daß ein naher Hohlweg unbefahrbar wurde, füllte man den Schacht teilweise wieder auf, daß das Wasser "beständig nur noch in einem 1,5 Zoll (3,5 cm) dicken Strahl" ausfloß. Kurz erwähnt werden "schwache Kochsalzquellen" in Fauerbach bei TASCHE (1858, S. 71).

Der Wetterauische Geographus (DIELMANN 1747, S. 8) weist auf einen Sauerbrunnen bei H o c h - W e i s e l ("Hohenweisel") hin, wo heute jedoch kein Mineralwasser bekannt ist. Möglicherweise handelt es sich hierbei um eine Verwechslung mit der Fauerbacher Mineralquelle.

Lage: Bl. 5617 Usingen, Gemeindebezirk Philippseck, Ortsteil Fauerbach v.d.H., R 34 74 74, H 55 84 94, Überlauf ca. 214 m üNN, im Neubaugebiet am NE-Rand des Ortes, in leicht ansteigendem, ackerbaulich genutztem (Haus-Vorgärten, Schrebergärten) Gelände.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Der Aufstieg des Fauerbacher Mineralwassers wird durch die vermutlich hohe Wasserwegsamkeit einer nord-süd-verlaufenden Störungszone verursacht, die über mehrere Kilometer Erstreckung mit großem Verwerfungsbetrag das Devon des NE Taunus gegen das Jungtertiär der Butzbacher Senke versetzt ("Fauerbacher Sprung", MICHELS 1928).

Fassung: An der Erdoberfläche aus losen Natursteinen (Devon-Schiefer) gemauerter Schacht mit innen 1,74 m Länge, 1,03 m Breite und 2,70 m Tiefe (u.Gel.), der in 1,50 m Tiefe unter der Oberkante einer ebenso bemessenen Holzverschalung aufsitzt.

Nach Auskunft des Bürgermeisters von Fauerbach v.d.H. fließt das Mineralwasser von der Fassung her über Dränrohre unterirdisch zum Gemeinde-Entwässerungskanal ab.

Der Ruhewasserspiegel stand am 10.6.69 0,59 m u.Fl.. Zur Probenahme wurde das stehende, stark verschmutzte Oberflächenwasser des Brunnens 30 Minuten lang bei einer Pumpleistung von 0,5 l/s mittels Motorpumpe abgepumpt. Der Ruhewasserspiegel sank dabei von 0,59 m u.Fl. auf 1,60 m u.Fl. ab, ohne den Beharrungszustand erreicht zu haben. Die Probe wurde unmittelbar nach dem Abpumpen entnommen.

Schüttung: ca. 0,1 l/s (geschätzt nach Aussagen von Ortseinwohnern)

Analysen: 1858 JOCHHEIM (JOCHHEIM 1858, S. 115; RASPE 1885, S. 157),
10.6.1969 Hlfb, THIELICKE (s. Tab. 15, MV 22)

Charakteristik: Natrium-Chlorid-Wasser

Nutzung: Keine

Bad Nauheim

Im Stadtgebiet von Bad Nauheim liegt unter quartären und tertiären feinklastischen Sedimenten von bis zu ca. 51 m Mächtigkeit (Bohrung XIV) der Zerrüttungsbereich einer Kreuzungszone erzgebirgisch und rheinisch verlaufender Störungen, an denen Kalksteine des Mitteldevons (erbohrt in Bohrung VII, XII und XIV) gegenüber dem Taunusquarzit des Unterdevons abgesunken sind. Die vermutlich besonders in der Nähe der Verwerfung stark verkarsteten Kalke dienen dem hochkonzentrierten Mineralwasser und den Kohlesäuregasen als gut wegsamer Wanderweg, Mischkammer und Aufstiegsbahn.

Die Existenz und Besonderheit der Bad Nauheimer Mineralquellen dürfte den Bewohnern der Wetterau bereits seit frühester Geschichte bekannt sein, da seit der jüngeren Steinzeit fast lückenlos Siedlungsreste nachweisbar sind. Die wohl erste gewerbliche Nutzung der Solquellen zur Salzsiederei durch die Kelten fand im ersten Jahrhundert v.Chr. durch die römische Besatzung zunächst ihr Ende. Kontinuierlich wurde die Salzherstellung vermutlich wieder seit der Zeit Karls d. Großen betrieben und ist urkundlich in zunehmender Dichte seit dem Mittelalter belegt. Früher in Münzenbergischem Besitz ging der Ort nach 1255 in Hanauischen und 1736 in Hessen-Kasseler Besitz über. Von 1866 an gehörte es zu Hessen-Darmstadt.

Im 16. Jahrhundert wurde durch Kauf und Zusammenlegung der vorher zahlreichen kleinen Siedereien ein Großbetrieb geschaffen, der unter WAITZ von ESCHEN im 18. Jahrhundert zu höchster Blüte kam (KÖBRICH 1937, MARTIN 1963). Bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts entnahm man das Mineralwasser aus gegrabenen und holzverzimmerten Quellschächten. Im Jahre 1828 (WILLE) waren davon noch 12 vorhanden. Sie wiesen Tiefen zwischen 3,70 m und 33,80 m auf und schütteten bis zu 5,8 l/s (Brunnen 1), insgesamt mehr als 12 l/s. Weitere

Tab. 5 Übersicht der nach 1823 in Bad Nauheim durchgeführten Mineralwasser-Erschließungen und der dabei festgestellten Werte
(In Klammern Werte jüngster Analysen).

Bohrl. Nr.	Benennung	Lage		er- bohrt	be- stand bis	Tiefe m	% Konzentration		Wasser l/s	Schüttung		Wasser- temp. °C	Analyse		Charakte- ristik ..	Schichten- profil bei ..
		R 34	H 55				Salz	CO ₂ fr.gel.		CO ₂ l/s	von		zit.in ..			
I	-	8169	8123	1823	1848	17,7	3,04411	-	2,22	-	31,3	BUNSEN	2,3,5,6,10	TNaS	1,13	
II	-	8169	8123	1824	1848	186,7	3,0392	0,0803	4,02	-	26,3	ZWENGER BUNSEN FIGUER u. MIALHE	10 2,3,5,6,10 10	TNaS	1,13	
III	-	8168	8122	1836	1837	31,3	3,25	-	-	-	26,8	-	-	TNaS	13	
IV	-	8167	8122	1837	1837	26,1	3,5	-	-	-	26,9	-	-	TNaS	13	
V	Gassprudel	8173	8125	1838	1848 s.XI	32,6	3,1982	0,1065	6,69	5,72	33,8	BUNSEN etc.	s.Text	TNaS	12,13	
VI	Alter Kurbrunnen	8181	8129	1838	1850	18,8	0,98624	0,13515	0,40	-	22,5	BUNSEN	3,5,6,10	TNa	13	
VII	Großer Soolsprudel	8184	8130	1839	-	159,44 -	2,8700 (2,6424)	0,0928 (0,1239)	23,0-24,1 (4,1- 4,8)	26,8	32,5 (30,05)	BROMEIS WILL	s.Text 11	TNaS	12,13	
VIII	-	8168	8140	1840	1840	58,0	-	-	-	-	13-20	-	-	-	13	
IX	-	8172	8142	1841	1841	49,0	-	-	-	-	-	BROMEIS	11	-	13	
X	Ludwigsbrunnen	8187	8031	1842	-	62,1	0,10464 (0,15114)	0,08824 (0,1894)	(0,66-1,03)	-	19,4 (18,6)	BROMEIS etc.	s.Text	NaCa	13	
XI	Neuer Gassprudel ("Kleiner Sprudel")	8173	8125	1849	1886	27,9	2,42244	0,1498	7,0	5,62	29,3	BROMEIS etc.	s.Text	TNaS	13	
	Neuer Kurbrunnen	8167	8090	1849	-	15,9	1,78749 (1,7320)	0,19226 (0,1498)	0,7	-	21,9 (20,1)	BROMEIS	s.Text	TNa	-	
	Salzbrunnen	8186	8105	1851	1864	25,6	2,26060	0,22478	-	-	22,5	CHATIN BROMEIS	4,5,6,7 8,9,10	TNaS	-	
XII	Friedrich-Wilhelm- Sprudel	8185	8130	1852- 55	-	180	3,962 (3,2669)	0,1126 (0,1126)	10,0-11,8 (10,2)	(33,15)	33,0 (33,0)	CHATIN etc.	s.Text	TNaS	13	
	Karlsbrunnen	8158	8082	1869	-	9,8	(1,0856)	(0,1870)	(0,5-2,3)	-	(19,05)	ULOTH etc.	s.Text	Na	-	
XIV	Ernst-Ludwig-Sprudel	8187	8132	1899- 1900	-	208,3	3,01924 (2,8659)	0,11905 (0,1168)	9,2 (4,2-4,8)	19,13	31,2 (31,12)	SONNE etc.	s.Text	TNaS	12	
XV	Gassprudel	8173	8125	1902	-	40,5	(0,3877)	(0,0572)	0,0	-	(20,5)	Staatl. Quellenf- inst.	s.Text	TNaCaS	-	
	Siedehausquelle	8170	8071	1911-1912	-	9,6	1,58673 (1,1007)	0,15928 (0,1999)	(0,7-2,2)	-	(12,7) (15,6)	Staatl. Quellenf. inst.	s.Text	Na	-	

* No.I-XIV nach Lageplan v.LEPSIUS 1900,S.8. Hiernach lagen die Bohrungen I-V auf einer Linie, die 57° N gegen E streicht (nicht 90°("W"), wie LUDWIG 1853 angibt).

** 1 = WILLE (1828), 2 = OSANN (1841), 3 = GRANDIDIER (1843), 4 = BODE (1852)
5 = LUDWIG (1853), 6 = LUDWIG (1855), 7 = ERLLENMEYER (1855),
8 = ROTUREAU (1856), 9 = JOCHEIM (1858), 10 = LERSCH (1860),
11 = RASPE (1889), 12 = LEPSIUS (1900), 13 = SCHÖNHALS (1936)

TNaS = Thermale kohlenensäurereiche Natrium-Chlorid-Sole; TNa = Thermaler Natrium-Chlorid-Säuerling

Na = Natrium-Chlorid-Säuerling; TNaCaS = Thermaler Natrium-Calcium-Chlorid-Hydrogenkarbonat-Säuerling

NaCa = Natrium-Calcium-Chlorid-Hydrogenkarbonat-Säuerling

Mengen flossen ungefaßt frei ab. In der Absicht, größere Mineralwassermengen mit höherer Konzentration, evtl. sogar Salzlagerstätten im Untergrund zu erschließen, wurden im Jahre 1823 die ersten Tiefbohrungen (Bohrung I 17,7 m Tiefe, Bohrung II 151,6 m Tiefe) durchgeführt. Ihnen folgten wegen des unbefriedigenden Erfolges bis zum Jahre 1900 weitere 12 (s. Tab. 5). Ein Vergleich von Untersuchungen aus dem Jahre 1828 (WILLE), in denen bereits die Werte der Bohrungen I und II enthalten sind, mit solchen aus jüngster Zeit, zeigen, daß weder in der Gesamtschüttungsmenge, noch in der Maximaltemperatur durch die Erschließungsversuche wesentliche Verbesserungen erreicht wurden:

Jahr	Menge l/s	maximale Temperatur
1828	22,1 - 27,3	30° C
1956	23,19	33,0° C

Die Chloridkonzentration erhöhte sich von maximal 507,4 mval/l (Brunnen III im Jahre 1821, Analyse von RINK o.J., WILLE 1828, S. 126), auf 511,2 mval/l (Sprudel XII) die Gesamtkonzentration von 17,8182 g auf 33,795 g/l.

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurde die Sole zu Badezwecken nur für die Salinenarbeiter im Knappschaftsbad verwendet. Nachdem im Jahr 1835 der Badebetrieb der Öffentlichkeit übergeben wurde, überstieg seine Bedeutung bald die der Salzproduktion.

Sprudel VII ("Großer Solsprudel")

Lage: Bl. 5618 Friedberg, Gemeindebezirk Bad Nauheim, R 34 81 84, H 55 81 30, Überlauf 146,493 m üNN, im Mittelpunkt des Sprudelhofes, ca. 10 m SWW des Sprudels XII.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Die Sole steigt aus 158 m Tiefe aus stark verkarsteten Kalksteinen des Mitteldevons, die sich im Bereich der Bad Nauheimer Hauptstörung befinden, empor. Am Bohrpunkt werden die Kalksteine von 41 m mächtigen klastischen Sedimenten des Tertiärs und Quartärs überlagert.

Erschließung: Die Bohrung VII wurde in den Jahren 1839 bis 1843 niedergebracht. Obwohl sich im Kalkstein des Mitteldevons große Hohlräume fanden, "in welche zuweilen das Bohrinstrument mehrere Fusse hinabsank und welche so weit sind, daß Stücke eines zerbrochenen eisernen Bohrgestänges von mehreren Füssen Länge spurlos in ihnen verschwanden" (LUDWIG 1853a, S. 36/37), wurde keine Sole angetroffen. Das Bohrloch wurde daher in verrohrtem Zustand (Eichenholzrohr bis 82 Fuß = 23,3 m; SCHREIBER 1857) stillgelegt und mit Balken und Erde bedeckt. Vermutlich durch extrem niedrigen Barometerstand (321 Pariser Linien = 724 mm; LUDWIG 1853a, S. 37; KASSNER 1932) brach in der Nacht vom 21. und 22. Dezember 1846 ein Solestrom aus dem Bohrloch empor und bildete eine Fontäne von 6 Fuß (= 1,70 m) Höhe (BROMEIS 1848). Mittels eines 4-Zoll-Rohres in ein höher gelegenes Becken geleitet, sprang er im folgenden Frühjahr ca. 5,1 m über das Geländeniveau. Aus dem Becken wurde die Sole in freiem Gefälle zu den Gradierbauten geleitet. Sehr bald wurde beobachtet, daß die Sprunghöhe vom Luftdruck abhängig ist. BROMEIS legte 1851 den Aufstiegsmechanismus in einem Modellversuch dar.

Am 2. Mai 1855 setzte die Schüttung des Großen Solsprudels aus, was zunächst auf das die umgebenden Wiesen überschwemmende Hochwasser zurückgeführt wurde (EWALD 1855, DRESCHER 1855). DRESCHER stellte hierzu ausführliche Berechnungen an. Salineninspektor Schreiber vermutete eine Beschädigung der Verrohrung und ließ bis 40 m Tiefe eine Holzrohrtour einbauen. Der Sprudel kam jedoch erst nach Einführung eines Kupfersaugrohres bis 131 m Tiefe wieder zum Springen und erreichte ab 16. April 1855 (DRESCHER 1855) bis zur früheren Höhe, wodurch die Richtigkeit der Vermutung SCHREIBERS bestätigt war (SCHREIBER 1855, 1857). Ähnliche Vorgänge wiederholten sich an der Jahreswende 1855/56 zweimal. Nach Überlegungen von LUDWIG (1856) erwiesen sie sich als Ergebnis der durch unvorsichtigen Schutz der Quelfassung veränderten hydraulischen Bedingungen.

Fassung: Das 159,44 m tiefe Bohrloch (Ansatzpunkt 144,00 m NN) besitzt bis 37,88 m einen Durchmesser von 280 mm, bis 60,14 m eine Weite von 120 mm und bis 159,44 m eine Weite von 90 mm. Bis 151,09 m Tiefe ist es mit einem Kupferrohr von 70 mm lichter Weite ausgebaut, das von 40,03 m Tiefe bis zur Erdoberfläche von einem kupfernen Mantelrohr (120 mm lichte Weite) geschützt wird. Letzteres wird

seinerseits von einer Holzrohrtour und 2 Eisenrohrturen ummantelt (Angaben nach Ausbauzeichnung ohne Datum). Die Oberkante des Steigrohres liegt im Mittelpunkt einer Brunnenschale von 10 m Durchmesser, über die der Sprudel in ungedrosseltem Zustand mehrere Meter hinausspringt. In einem Keller unter der Brunnenschale sind Schiebevorrichtungen installiert, die das Abstellen des Sprudels bzw. Ableiten des Mineralwassers zu den Badeanlagen ermöglichen (s. auch Tab. 5).

Schüttungen: 4,31 l/s (am 2.8.1956)

Nach den wöchentlichen Untersuchungen des KIPMB (Klinik und Institut für physikalische Medizin und Balneologie der Universität Gießen, Bad Nauheim) wechselte die Schüttung in den Jahren 1962 bis 1966 zwischen 4,1 l/s und 4,82 l/s bei einem Mittel von 4,44 l/s. Die Gasschüttung betrug am 18.6.1967 19,05 l/s bei einer Schüttung von 4,95 l/s Mineralwasser (1 : 3,85).

Analysen: 1851 BROMEIS (Liebigs Annalen 1852; BODE 1852, S. 8; LUDWIG 1852, S. 32; 1853 a, S. 39; 1855d, S. 67; 1856, S. 40; ERLENMEYER 1855; ROTUR EAU 1856, S. 51; JOCHHEIM 1858, S. 65; BENEKE 1859, S. 7; LERSCH 1860, S. 1472; "Das kohlenensäurehaltige Soolbad" 1872, S. 16), ohne Jahr, AVENARIUS (WEISS 1855), 1854 CHATIN (ROTUREAU 1856, S. 51; LERSCH 1860, S. 1472), 1869 WILL (BODE 1870, S. 11; "Das kohlenensäurehaltige Soolbad Nauheim" 1872, S. 20; RASPE 1885, S. 313; "Bad Nauheim" 1904), 1900 SONNE (LEPSIUS 1900, S. 26; SCHOTT 1900, S. 15), 1903/1904 SONNE (Deutsches Bäderbuch 1907, S. 195; Fremdenführer für Bad Nauheim 1911, S. 16; Führer v.B.N. 1913, 1920, S. 20; Bad Nauh., seine Kurmittel ..1916, S. 8; Reichs-Bäder-Adressbuch 1929, S. 122; 1930, 1931), 1929 Staatl. Inst. f. Quellenforsch. Bad Nauheim, DEDE ("Bad Nauheim" 1955, S. 15); 2.8.1956 FRESENIUS & DICK ("Bad Nauheim", 1963, S. 14; [MÜLLER] 1970 s. Tab. 15, MV 25).

Charakteristik: Thermale eisen-, kohlenensäure- und radiumhaltige Sole

Nutzung: Bade- und Inhalationskur
(Weitere Angaben s. Tab. 5).

Sprudel XII ("Friedrich-Wilhelm-Sprudel")

Lage: Bl. 5618 Friedberg, Gemeindebezirk Bad Nauheim, R 34 81 85, H 55 81 30, Überlauf 146,702 m üNN, im Mittelpunkt des Sprudelhofes, 10 m ENE des Sprudels VII.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Die Sole zirkuliert im Bereich der Bad Nauheimer Hauptverwerfung in verkarsteten Kalksteinen des höheren Mitteldevons, welche an Schiefern des Unteren Mitteldevons abgesunken sind. Am Bohrpunkt werden die paläozoischen Schichten von 25 m mächtigen tertiären und quartären Sedimenten überlagert. Sie stehen in enger hydraulischer Verbindung mit dem Bohrloch von Sprudel VII, was durch Trübung des Wassers im Bohrloch VII während des Bohrens an Bohrloch XII deutlich wurde (LUDWIG 1856, S. 18).

Erschließung: Das Bohrloch XII wurde in den Jahren 1852 bis 1855 niedergebracht (LEPSIUS 1900a). Als die Bohrung eine Tiefe von 180,1 m erreicht hatte, kam am 12. Mai 1855 nach Einführung eines 36 mm weiten Kupferrohres der Sprudel zum Springen, wobei die Fontäne eine Höhe von 16 m erreichte und 13,6 l/s schüttete (WEISS 1855). Die heute bestehende Verrohrung wurde in den Jahren 1905 bis 1910 eingebaut.

Fassung: Das 180,10 m tiefe (Ansatzpunkt 144,00 m üNN) und im unteren Teil 258 mm weite Bohrloch ist bis 176,70 m Tiefe mit einem Kupferrohr von 90 mm Durchmesser versehen. Von 64,90 m Tiefe bis zur Erdoberfläche ist dieses Rohr von einem Kupferrohr (156 mm Durchmesser) geschützt, welches nach außen aufeinanderfolgend von einer Eichenholzrohr-, 2 Eisenrohr- und einer weiteren Holzrohrtour ummantelt wird. Die Oberkante des Steigrohres liegt bei 146,702 m üNN im Mittelpunkt einer, in Kalkstein gearbeiteten Brunnenschale von 10 m Durchmesser. Im ungedrosselten Zustand springt die Sole 5,85 m (gemessen am 18.6.1967) über den Steigrohrmund und damit um ca. 8,50 m über die natürliche Geländehöhe empor. In einem Keller unter der Brunnenschale sind Schiebervorrichtungen installiert, die die Ableitung der Sole zu den Badeanlagen ermöglichen (s. auch Tab. 5).

Schüttung: Mineralwasser 10,23 l/s (am 26.7.1956). Nach den wöchentlichen Messungen des IPMB wechselte die Schüttung in den Jahren 1962 bis 1966 zwischen 10,00 und 11,78 l/s bei einem Mittelwert von 10,93 l/s.

Freies gasförmiges Kohlendioxid: 33,15 l/s (am 18.6.1967 bei 11,91 l/s Soleschüttung).

Analysen: 1854 CHATIN (ROTUREAU 1856, S. 51; LERSCH 1860, S. 1472), 1855 AVENARIUS (WEISS 1855; LUDWIG 1856, S. 40; BENEKE 1859, S. 7; LERSCH 1860, S. 1472, "Das kohlenensäurehaltige Soolbad Nauheim" 1872, S. 20), 1869 WILL (BODE 1870, S. 11; "Das kohlenensäurehaltige Soolbad Bad Nauheim" 1872, S. 16; "Bad Nauheim", 1904), 1900 SONNE (LEPSIUS 1900 a, S.26; SCHOTT 1900, S. 15; "Bad Nauheim" 1904), 1903/1904 SONNE (Deutsches Bäderbuch 1907, S. 196; "Fremdenführer für Bad Nauheim" 1911, S. 16; "Führer von Bad Nauheim" 1913, 1920, S. 20; "Bad Nauheim, seine.." 1916, S. 8; Reichs-Bäder-Adressbuch 1929, S. 122; 1930; 1931), 20.10.1930 Staatl.Inst.f.Quellforsch., DEDE ("Bad Nauheim", 1955, S. 14); 26.7.1956 FRESENIUS & DICK ("Bad Nauheim", 1963; S. 14; /MÜLLER/ 1970; s. Tab. 15, MV 23).

Charakteristik: Thermale eisen- und kohlenensäurehaltige Sole

Nutzung: Bade- und Inhalationskur
(Weitere Angaben s. Tab. 5).

Sprudel XIV ("Ernst-Ludwig-Sprudel")

Lage: Bl. 5618 Friedberg, Gemeindebezirk Bad Nauheim, R 34 81 87, H 55 81 32, Überlauf 146,702 m üNN, im NE-Teil des Sprudelhofes, ca. 34 m NE des Sprudels VII und ca. 24 m NE des Sprudels XII.

Geologische Verhältnisse im Quellenbereich: Unter 51,20 m mächtiger quartärer und jungtertiärer klastischer Bedeckung stehen bis 208,03 m Tiefe stark verkarstete Massenkalken des Mitteldevons an, unter denen bis zu 209,43 m Tonschiefer des Unteren Mitteldevons erschlossen sind. Die Bohrung XIV erreicht damit die Bad Nauheimer Hauptverwerfung, welche die wesentlichste Aufstiegszone des Mineralwassers darstellt (LEPSIUS 1900a)

Erschließung: Die Bohrung XIV wurde am 19. Oktober 1899 aufgrund eines unveröffentlichten Gutachtens von LEPSIUS vom 1. 10. 1896 begonnen. Die Bohrlochweiten betrugen bis 39,8 m Tiefe 252 mm, bis 51,2 m Tiefe 213 mm, bis 146,7 m Tiefe 177 mm und bis 209,4 m Tiefe 140 mm lichte Weite (nach einer neueren Ausbauzeichnung betragen die Bohrlochweiten heute zwischen 279 und 140 mm) Nach dem Bohrbericht lag der Wasserspiegel vor Beginn der Entgasung bis 168,2 m Bohrtiefe bei 2,55 m unter Gelände (LEPSIUS 1900, S.26). Die Endteufe wurde am 15.2.1900 erreicht. Nach mehreren erfolglosen Versuchen, das Mineralwasser mittels Mammutpumpe zum Springen zu bringen, wurde ein 140 mm weites Rohr bis 70 m Tiefe eingeführt und heftig auf- und abbewegt. Das Wasser brach daraufhin mit zunehmender Stärke aus eigener Kraft empor.

Bei der Fassung des Sprudels wurde bis zur Tiefe von 146,91 m (Ansatzpunkt 144,00 m üNN) ein Kupferrohr mit 153 mm Innendurchmesser (Wandstärke 6 mm) eingebracht und bei 115 m Tiefe zur Abdichtung gegen Süßwasser aus höheren Schichten eine Gummistulpe eingebaut, die durch konische Erweiterung des Kupferrohres gegen die Bohrlochwand gepreßt wird.

Im Jahre 1907 wurde durch dieses Rohr bis zur Tiefe von 182,68 m ein Kupferrohr von 75 mm (versehentlich "175 mm" bei MÜLLER 1970) lichter Weite eingeführt. Der tiefere Teil des Bohrloches blieb unverbohrt. Der Steigrohrabfluß liegt ca. 2,70 m über Geländehöhe im Zentrum eines aus Kalkstein gemeißelten, 9 m weiten Brunnentroges und springt noch mehrere Meter darüber hinaus. Die Ableitung der Sole geschieht in einem unterirdisch gelegenen Schieberraum (s. auch Tab. 5).

Schüttung: Mineralwasser 4,77 l/s (am 27.7.1956). Nach den wöchentlichen Messungen des IPMB wechselte die Schüttung in den Jahren 1962 bis 1966 zwischen 4,23 l/s und 4,62 l/s bei einem Mittelwert von 4,38 l/s.

Freies gasförmiges Kohlendioxid: 19,13 l/s (am 18.6.1967 bei 4,39 l/s Soleschüttung).

Analysen: 1900 SONNE (LEPSIUS 1900a, S. 26; SCHOTT 1900, S. 53; "Bad Nauheim" 1904), 1903/1904 SONNE (Deutsches Bäderbuch 1907, S. 197; "Fremdenführer für Bad Nauheim", 1911, S. 16; "Führer von Bad Nauheim", 1913, 1920, S. 20; "Bad Nauheim, seine Kurmittel ..." 1916, S. 8; "Reichs-Bäder-Adressbuch", 1929, S. 122, 1930, 1931), 30.6.1930 Staatl.Inst.f.Quellforsch. Bad Nauheim, DEDE ("Bad Nauheim", 1955, S. 15), 27.7.1956 FRESENIUS & DICK ("Bad Nauheim", 1963, S. 15; /MÜLLER_7 1970; s. Tab. 15, MV 24).

Charakteristik: Thermale eisen- und kohlensäurehaltige Sole

Sprudel XV ("Gas Sprudel", "Gasquelle", vormals Bohrung V, XI)

Lage: Bl. 5618 Friedberg, Gemeindebezirk Bad Nauheim, R 34 81 73, H 55 81 25, Oberkante der Verrohrung 142 m üNN, ca. 8 m W der Usa, im Keller auf der Südseite des "Cafe Dörig".

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Das Mineralwasser tritt im Bohrloch aus den Lockersedimenten des Quartärs und Tertiärs, unter denen wahrscheinlich in geringer Tiefe die stark klüftigen Gesteine des Devons anstehen. Diese wurden in W-Richtung, 52 m entfernt, in 40,3 m Tiefe und in E Richtung, 103 m entfernt, in 40,3 m Tiefe (Bg. VII) erbohrt. Da in Bohrloch V die höchsten Mineralwassertemperaturen (33,8° C) beobachtet wurden, beißt wahrscheinlich die gut wasserwegsamen Bad Nauheimer Hauptverwerfung, welche Massenkalk und Tonschiefer des Mitteldevon gegeneinander verworfen hat, in nächster Nähe aus.

Erschließung: Im Jahre 1838 wurde Bohrung V bis auf 32,6 m Tiefe niedergebracht. Das ausströmende Mineralwasser sprudelte besonders stark über die Erdoberfläche hinaus, weshalb die Quelle den Namen Gassprudel erhielt. Diese Erscheinung war bereits 1816 bei der Mineralquelle am Knappschaftsbad beobachtet worden. SCHREIBER (1855; WEISS 1855) stellte dazu am Gassprudel systematische Untersuchungen an und erkannte die Sprunghöhe als Funktion des Steigrohrdurchmessers. Es wurde eine Steighöhe von 5,7 m über Geländeniveau bei einer Schüttung von 6,7 l/s erreicht. Die Fassung bestand aus einem bis 22 m Tiefe reichenden Holzrohr, in welchem bis zu 28 m Tiefe ein Eisenrohr eingeführt war. Letzteres war bereits im Jahre 1847 so zerfressen, daß die Schüttung der Quelle zurückging und im März 1848 vollkommen aussetzte.

Im gleichen Jahr wurde als Ersatz in 1,4 m Entfernung die Bohrung XI auf 28,7 m (SCHREIBER 1855; dort Schichtenprofil, desgl. SCHÖNHALS 1936, S. 110) niedergebracht und durch ein 27,9 m tiefes Holzrohr gesichert. Das aufsteigende Mineralwasser zeigte ähnliches Verhalten wie in Bohrung V und stieg mit intermittierender Schüttung von 6,7 l/s bis auf 6,8 m Höhe empor. In zahlreichen Versuchen wurden durch SCHREIBER (1855, siehe auch WEISS 1855) systematische Untersuchung zur Physik des Wasseraufstiegs vorgenommen. Die größte Schüttung von 7,0 l/s brachte ein 3 Zoll weites Rohr. Bei einsetzender Unregelmäßigkeit der Schüttung im Jahre 1850 wurde durch Einsetzen von Holzrohren von 10,8 mm lichter Weite bis in 28 m Tiefe eine konstante Schüttung von 4,5 bis 5,8 l/s erreicht (LEPSIUS 1900 a, S. 11). Ohne ersichtlichen Grund versiegte die Quelle im Jahre 1886. LEPSIUS (1900a, S. 10) vermutete ein erneutes Schadhafwerden der Fassung.

Als Ersatz wurde im Jahre 1902 dicht neben der alten Fassung das Bohrloch XV bis 40 m Tiefe abgeteuft. Die heutige Verrohrung wurde im Jahre 1913 eingebracht.

Fassung: Bis 40,50 m reichendes Kupferrohr, auf dem eine Kolbenpumpe direkt aufsitzt.

Schüttung: Heute kein freier Überlauf mehr. Entnahme durch Überwasserpumpe. Die maximale Leistung des Bohrloches ist nicht bekannt. Zur Zeit der Nutzung wurden bis vor wenigen Jahren 0,83 bis 1,66 l/s entnommen. Das Bohrloch ist zur Zeit ungenutzt.

Analysen: Bg. V.: 1838 BUNSEN (GRANDIDIER 1843, S. 52; LUDWIG 1852, S. 32; 1853a, S. 33; 1855d, S. 67; 1856, S. 40), ohne Datum ZWENGER (OSANN 1841, S. 841), ohne Datum FIGUER & MIALHE (LERSCH 1860, S. 1469).

Bg. XI: 1852 BROMEIS (LUDWIG 1853a, S. 34; 1855d, S. 67; 1856, S. 40; ROTUREAU 1856, S. 51; JOCHHEIM 1858, S. 67; BENEKE 1859, S. 7; LERSCH 1860, S. 1472), 1854 CHATIN (ROTUREAU 1856, S. 51; LERSCH 1860, S. 1472), ohne Datum, BROMEIS (ERLENMEYER 1855, S. 26), ohne Datum, WILL (BODE 1870, S. 11; "Das kohlensäurehalt. Soolbad Bad Nauheim", 1872, S. 20).

Bg. XV: 1957 Staatl. Quellenforsch. Inst. Bad Nauheim, MÜLLER (s. Tab. 15, MV 31)

Charakteristik: Thermales Natrium-Calcium-Hydrogenkarbonatwasser.

Nutzung: Zur Zeit ohne (früher: medizinische Badekuren).

(Weitere Angaben s. Tab. 5).

Kurbrunnen ("Neuer Kurbrunnen")

Lage: Bl. 5618 Friedberg, Gemeindebezirk Bad Nauheim, R 34 81 68, H 55 80 88, Überlauf 140,721 m üNN, im NW-Flügel der Trinkkuranlage, gruftartige Vertiefung im Mittelpunkt eines Rundbaues.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Vermutlich quartäre bis tertiäre Lockersedimente (Bohrprofil nicht überliefert).

Fassung: Nachdem die Bohrung VII niedergebracht worden war, ließ der bisherige Kurbrunnen (Bg. VI) nach und versiegte 1850 völlig. 1849 wurde daher der "Neue Kurbrunnen" in 16,6 m Tiefe erschlossen. Eine Neufassung erfolgte im Jahre 1911. Der Kopf der Bohrloch-Quellfassung befindet sich heute in einer über Treppen zugänglichen gruftartigen Vertiefung. Von hier aus reicht die Verrohrung, vermutlich eine metallummantelte Holzrohrtour von 86 mm lichter Weite (nach einer Ausbauzeichnung ohne Datum), noch 12,70 m tiefer und erreicht damit eine Gesamttiefe von 16,6 m unter Flur. In die obersten 6,2 m der Fassung ist ein 60 mm weites Kupferrohr eingelassen. Oberirdisch mündet es in einer bronzebeschlagenen, geschlossenen Glaskugel, aus der das Mineralwasser an vier Hähnen entnommen werden kann. Das überschüssige Wasser gelangt durch einen Überlauf zur Pumpenanlage, von wo es zur Trinkkurausgabe und den Badeanlagen gedrückt wird.

Schüttung: Um 0,8 l/s. Am 15.4.1955 (Probenahme zur Analyse s. Tab. 15, MV 26) betrug sie 0,67 l/s. Für den Kurbedarf wird das Mineralwasser in der Regel in größerer Menge abgepumpt.

Analysen: 1852 BROMEIS (BODE 1852, S. 8; LUDWIG 1853a, S. 48; 1855d, S. 67; ERLÉNMEYER 1855; ROTUREAU 1856, S. 1856, S. 51; JOCHHEIM 1858, S. 67; BENEKE 1859, S. 20; "Das kohlensäurehalt. Soolbad Nauheim" 1872, S. 16), 1854 CHATIN (ROTUREAU 1856, S. 51; LERSCH 1860, S. 1471), 1869 WILL (BODE 1870, S. 11; "Das kohlensäurehalt. Soolbad Nauheim" 1872, S. 20; RASPE 1885, S. 312; ROSEMAN 1897, S. 93; SCHOTT 1900, S. 20; "Bad Nauheim", 1904),

1903/1904 SONNE (Deutsches Bäderbuches Bäderbuch 1907, S. 197; "Fremdenführer für Bad Nauheim", 1911, S. 16; Führer v.B.N. 1913; 1920, S. 20; "Bad Nauheim" 1916, S. 8; "Reichs-Bäder-Adressbuch", 1929, S.122; 1930; 1931),
1925/1933 Staatl.Inst.f.Quellenforsch.Bad Nauheim, ("Bad Nauheim", 1955, S. 16),
15.4.1955 Staatl.Quellenforsch.Inst. Bad Nauheim, MÜLLER ("Bad Nauheim" 1963, S. 16; /MÜLLER/ 1970; s. Tab. 15, MV 26).

Charakteristik: Thermaler Natrium-Chlorid-Säuerling

Nutzung: Trinkkur

(Weitere Angaben s. Tab. 5).

Karlsbrunnen

Lage: Bl. 5618 Friedberg, Gemeindebezirk Bad Nauheim, R 34 81 58, H 55 80 82, Überlauf 140,216 m üNN, in der kleinen Parkanlage an der Kurstraße, W der Trinkkuranlage.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Kiesige Schichten der quartären Talfüllung.

Erschließung: Der Karlsbrunnen wurde im Jahre 1869 in 6 m Tiefe erbohrt und in den Jahren 1901 bis 1902 bis auf 9,8 m unter Geländeniveau neu gefaßt. Der Brunnenkopf befindet sich heute ca. 4,50 m unter Geländeniveau (= 139,366 m üNN) in einem Pumpenraum und ist an der Erdoberfläche nur an dem nahegelegenen Einstieg und dem über dem Bohrloch befindlichen Entlüftungsschacht kenntlich. Die Fassung besteht aus einem 800 mm weiten Mantelrohr, in das ein HAGUSTA-Filterrohr von 200 mm lichter Weite mittels Kiesschüttung eingebettet ist. Beide Rohre sind in den untersten 3,30 m (mit Ausnahme des 165 mm langen geschlossenen inneren Rohrendes) geschlitzt. Das frei auslaufende Mineralwasser wird in Rohrleitungen zur Trinkkuranlage und den Badehäusern gedrückt.

Schüttung: Nach Messungen in den Jahren 1962 bis 1966 zwischen 0,53 l/s und 2,26 l/s wechselnd, bei einem mittleren Wert von 1,60 l/s. Am 18.8.1956 betrug sie 2,16 l/s.

Analysen: 1870 ULOTH (BODE 1870, S. 12,
"Das kohlenensäurehaltige Soolbad .." 1872, S. 19; [ULOTH] 1874, S. 1226
ROSEMANN 1897, S. 93; SCHOTT 1900, S. 20),
1902 SONNE ("Bad Nauheim", 1904, S. 16) 1903/1904 SONNE (Deutsches Bäder-
buch 1907, S. 198; "Fremdenführer für Bad Nauheim", 1911, S. 16; "Führer
von Bad Nauheim", 1913; 1920, S. 20; "Bad Nauheim, seine Kurmittel..",
1916, S. 8),
1925/1933 Staatl.Quellenforsch.Inst.Bad Nauheim ("Bad Nauheim", 1955,
S. 16), ohne Datum, Staatl.Quellenforsch.Inst.Bad Nauheim ("Reichs-Bäder-
Adressbuch", 1929, S. 122), 10.8.1956 Staatl.Quellenforsch.Inst.Bad
Nauheim, MÜLLER ("Bad Nauheim", 1963, S. 16; [MÜLLER] 1970; s.Tab. 15,
MV 29).

Charakteristik: Natrium-Chlorid-Säuerling

Nutzung: Trink- und Badekuren

(Weitere Angaben s. Tab. 5).

Siedehausquelle

Lage: Bl. 5618 Friedberg, Gemeindebezirk Bad Nauheim, R 34 81 70,
H 55 80 71, Überlauf 138,83 m üNN, auf der SE-Seite des Grand-Hotels,
ca. 10 m W der Usa.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Quartäre bis jungtertiäre Locker-
sedimente.

Fassung: Die Siedehausquelle wurde als Bohrbrunnen in den Jahren 1911
bis 1912 aus einer 3,00 m tiefen und 4,5 x 5,00 m weiten Grube mit
150 mm Durchmesser bis auf 12,90 m unter Flur (bezogen auf 141,38 m
üNN) niedergebracht und mittels eines gußeisernen Rohres gesichert, des-
sen Kopf heute in einer von Rasenflächen überdeckten Quellkammer liegt.
Das auslaufende Mineralwasser wird über Rohrleitungen zum Badegebiet
gepumpt.

Schüttung: Nach Messungen in den Jahren 1962 bis 1966 (IPMB) zwischen
0,72 l/s und 2,18 l/s wechselnd, bei einem mittleren Wert von 1,3 l/s
(wegen unregelmäßiger Abstände der Messungen ungenau). Am 5.11.1955
(Probenahme zur Analyse MV 28, Tab. 15) betrug sie 0,72 l/s.

Analysen: 1925 Staatl.Quellenforsch.Inst. Bad Nauheim. (Reichs-Bäder-Adressbuch 1929, S. 122; 1930; 1931 etc; "Bad Nauheim", 1955, S. 15), 5.11.1955 Staatl.Quellenforsch.Inst.Bad Nauheim, MÜLLER (Bad Nauheim", 1963, S. 15; [MÜLLER] 1970 s. Tab. 15, MV 28).

Charakteristik: Natrium-Chlorid-Säuerling

Nutzung: Medizinische Badekuren

(Weitere Angaben s. Tab. 5).

Ludwigsbrunnen (Bohrung X)

Lage: Bl. 5618 Friedberg, Gemeindebezirk Bad Nauheim, R 34 81 87, H 55 80 31, Überlauf 141,835 m üNN, an den Gradierbauten W der Usa, ca. 19 m vom Usa-Ufer entfernt.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich:

Bis 35,61 m Tiefe schwer einstuftbare Lockersedimente des Quartärs und des höheren Jungtertiärs, darunter bis 41,51 m Teufe überwiegend feinklastische bis massiv kalkige Gesteine des älteren Jungtertiärs (Corbicula-Schichten, SCHÖNHALS 1936, S. 110). Die Folge wird bis zur Endteufe von 59,90 m von quarzitischen Sandsteinen des Unterdevons unterlagert.

Erschließung: Das Bohrloch wurde im Jahre 1842 niedergebracht, wobei zunächst in 11 m Teufe 1,5 %-iges Mineralwasser bemerkt wurde. Später wurde dieses jedoch durch in 25 m Tiefe eindringendes Süßwasser auf 0,18 % verdünnt. Mit zunehmender Tiefe nahm die Konzentration weiter ab, weshalb das Bohrloch stillgelegt wurde. Erst bei Entfernung des Bohrerüstes im Jahre 1852 stellte man fest, daß das überfließende Mineralwasser einen angenehmen Geschmack hatte und bezüglich seiner chemischen Bestandteile aus dem Rahmen der Nauheimer Quellen herausfiel (LUDWIG 1853a, S. 51). Die Quelle wurde daher trotz geringer Schüttung als Trinkbrunnen gefaßt. 1935 brachen infolge zu starker Korrosion die gußeisernen Rohre zusammen und es wurde im gleichen Jahre die noch heute vorliegende

Fassung eingebaut: Das bis 54,50 m Tiefe (Ansatzpunkt 141,835 m) aufbewältigte Bohrloch wurde mittels einer 80 mm weiten und von 54,00 m - 54,50 m Tiefe geschlitzten HAGUSTA-Verrohrung gesichert, die von 6,87 m

bis zur Endteufe von einem 140 mm weiten Bohrröhr umgeben ist, das seinerseits von 7,9 m bis 13,3 m Tiefe gegen das Erdreich mit Beton abgedichtet wurde. Der Raum zwischen Bohrröhr und Steigrohr ist mit Filterkies gefüllt. Über der Fassung steht ein Pumpenhaus, an dessen Außenseite das Mineralwasser aus 7 Hähnen ca. 0,30 m unter der allgemeinen Geländehöhe frei überfließt und durch einen vertieften Umgang zugänglich ist. Außerdem wird das Mineralwasser über Rohrleitungen zu den Badehäusern im Stadtzentrum geleitet.

Schüttung: Nach Messungen in den Jahren 1962 bis 1966 zwischen 0,53 l/s und 1,03 l/s wechselnd, bei einem mittleren Wert von 0,85 l/s. Am 22.11.1954 (Probenahme zur Analyse MV 32, Tab. 15) betrug sie 0,66 l/s.

Analysen: 1852 BROMEIS (LUDWIG 1853a, S. 51; 1855, S. 67; ERLLENMEYER 1855; ROTUREAU 1856, S. 51; JOCHHEIM 1858, S. 67; BENEKE 1859, S. 25), 1856 CHATIN (ROTUREAU 1856, S. 51; HAGER 1860, S. 328), 1868 WILL (BODE 1870, S. 12; "Das kohlen säurehaltige Soolbad Nauheim", 1872, S. 21; RASPE 1885, S. 312; ROSEMAN 1897, S. 93; SCHOTT 1900, S. 21; "Fremdenführer durch Bad Nauheim", 1902), 1900 SONNE ("Fremdenführer durch Bad Nauheim", 1902, S. 33), 1903/1904 SONNE ("Deutsches Bäderbuch", 1907, S. 198), 1906 (?) SONNE ("Fremdenführer für Bad Nauheim", 1911, S. 16; Führer von Bad Nauheim", 1913, 1920, S. 20; "Bad Nauheim", 1916, S. 8), 1925/1929 Staatl. Quellenforsch.-Inst. Bad Nauheim ("Reichs-Bäder Adressbuch", 1929, S. 122; "Bad Nauheim", 1955, S. 17), 22.11.1954 Staatl. Quellenforsch.-Inst. Bad Nauheim, MÜLLER ("Bad Nauheim", 1963, S. 17; MÜLLER 1970; s. Tab. 15, MV 32).

Charakteristik: Natrium-Calcium-Chlorid-Hydrogenkarbonat-Säuerling

Nutzung: Trink- und Badekur

(Weitere Angaben s. Tab. 5).

5.3.1.1.3. Taunus-Südrand

Die Nieder-Rosbacher Mineralquellen

Geologische Verhältnisse: Die Nieder-Rosbacher Mineralquellen entspringen am Fuß eines 20 m hohen Anstiegs, der 2 Verebnungsflächen des Taunusvorlandes voneinander trennt. Die Geländeform wird vermutlich von einer NNE-SSW streichenden, in beiden Richtungen morphologisch über mehrere Kilometer verfolgbaren Störung innerhalb der von Löß bedeckten tertiären Schichten verursacht, welche unter dem Löß sandig-kiesige Schichten im W gegen feinsandige bis tonig-mergelige Schichten im E verwirft. In der Zerrüttungszone befinden sich die Aufstiegskanäle des Mineralwassers (unveröffentlichtes Gutachten von NÖRING 1953).

Wie Funde von Krugscherben und Fundamente eines Brunnenhauses belegen, fand der Rosbacher Sauerling bereits in römischer Zeit Beachtung (MARTIN 1926, S. 4). In neuerer Zeit wurde seine "Krafft und Wirkung" von TABERNAEMONTANUS (1584, S.420) beschrieben und auch als "Wollnstädter Sauwerbrunnen" bezeichnet. 1828 war er nach WILLE (1828, S. 120) in einen 2,00 m tiefen und 1,14 m im Viereck weiten, mit Holz ausgezimmer-ten Schacht gefaßt, schüttete ca. 0,1 l/s und wies 12,5° C Wassertemperatur auf. In seiner näheren Umgebung wurden zahlreiche schwache Quellen beobachtet.

Kurz erwähnt wird der Mineralwasseraustritt bei

DIELMANN (1747, S. 8), KLIPSTEIN (1790, S.73), WAGNER (1830, S. 191), STUCKE (1831, S. 76), OSANN (1841, S. 819), LUDWIG (1852, S. 47; 1855d, S. 69) und TASCHE (1858, S. 72).

Die erste chemische Analyse des Wassers führte JOCHHEIM (1858) durch. Die Maße des Holzschachtes gibt er mit 1,30 x 1,30 x 3,40 m, die Schüttung mit 0,95 bis 1,15 l/s, den Chlorid-Gehalt des Wassers mit 62 mg/l und den Hydrogenkarbonatgehalt mit 632 mg/l an. "Die Gasentwicklung ist stark. Das Wasser wird stark getrunken". Seit 1878 wird die Quelle kommerziell für den Mineralwasser-Versand genutzt.

Das Rosbacher Mineralwasser tritt heute in 3 als Bohrbrunnen gefaßten Quellen zutage. Die Brunnenköpfe bilden in ihrer räumlichen Anordnung ein gleichseitiges Dreieck mit ca. 10 m Seitenlänge, wobei der östlichste, am nächsten zur Fabrik gelegene, als Brunnen I, der südliche als Brunnen II und der nordwestliche als Brunnen III bezeichnet wird. Als Mineralwasser wird z.Zt. ausschließlich das Wasser aus Brunnen II genutzt.

Lage: Bl.5618 Friedberg, Gemeindebezirk Rosbach, Ortsteil Nieder-Rosbach, R 34 79 87, H 55 74 57, Überlauf ca. 158 m üNN, ca. 900 m NE des Ortes, zwischen der Bundesbahnlinie Bad Homburg - Friedberg und dem Haupt-Abfüllgebäude der Firma Rosbacher Brunnen Gebr. Appel KG.

Brunnen I besitzt eine Tiefe von ca. 28 m (Ansatzpunkt 158,33 m üNN) und ist in einem Rohr von 300 mm lichter Weite gefaßt. Dieses mündet ca. 2,50 m u.Fl. in einen 0,90 m weiten überdachten Vorschacht, der seinerseits von einer 3 m weiten und 1 m tiefen trichterförmigen und mit Grobsteinen ausgelegten Vertiefung zugänglich ist. Über dem Ausbau liegen keine genaueren Unterlagen vor. Das Wasser fließt frei über und wird dem Abwassersystem des Betriebes zugeleitet.

Analyse: 26.7.1968 FRESSENIUS (s. Tab. 15, MV 36).

Charakteristik: Mineralarmes Calcium-Magnesium-Hydrogenkarbonat-Wasser

Nutzung: Keine

Brunnen II weist eine Tiefe von ca. 50 m auf. Die Fassung besteht aus 125 mm weiten HAGUSTA-Rohren, die bis 20 m Tiefe vollwandig und in größerer Tiefe als Filterrohre ausgeführt sind. In ihrem oberen Teil sind sie durch vollwandige, ins Erdreich einzementierte Mantelrohre von 180 mm lichter Weite geschützt. Das Steigrohr mündet in einem 0,80 m weiten überdachten Vorschacht, der in einer kreisförmigen, 3,0 m weiten,

1,60 m tiefen und mit Mauerwerk verkleideten Ausschachtung liegt. Über eine Rohrleitung wird das frei auslaufende Mineralwasser mittels einer Kreiselpumpe zum Abfüllbetrieb geleitet bzw. kann an einem Überlauf zum Entwässerungsrohr gelangen.

Schüttung: 2,2 l/s

Analyse: 1858 JOCHHEIM (JOCHHEIM 1858, S. 114); 1968 FRESENIUS, (s. Tab. 15, MV 37).

Charakteristik: Calcium-Magnesium-Hydrogenkarbonat-Säuerling

Nutzung: Versand

Brunnen III ist ca. 38 m tief (Ansatzpunkt 158,33 m üNN). Über die Weite des Bohrloches und seine Fassung liegen keine Unterlagen vor. An der Erdoberfläche mündet es in einen ca. 2,50 m tiefen und 8,50 m weiten abgedeckten Vorschacht, der seinerseits in einer flachen Ausschachtung liegt. Das Wasser des Brunnens fließt frei über und wird dem Abwassersystem des Betriebes zugeleitet.

Schüttung: Nicht bekannt

Wassertemperatur: 11,5° C

Feste gelöste Bestandteile: 528,25 mg/kg

Freies gelöstes Kohlendioxid: 77,3 mg/kg

Analyse: 1968 (FRESENIUS) (unveröffentlicht)

Charakteristik: Calcium-Magnesium-Hydrogenkarbonat-Wasser (mineralarm)

Nutzung: Keine

Bei einer im Jahre 1953 ca. 500 m SW des Rosbacher Brunnens niedergebrachten Bohrung zur Erschließung von süßem Grundwasser (b. R 34 79 51, H 55 74 21), wurde in 50 m Tiefe Mineralwasser angetroffen, welches mit 1162 mg/l festen gelösten Bestandteilen (Abdampfrückstand 842 mg/l, Hydrogenkarbonatgehalt 641 mg/l) und 358 mg/l gelöstem Kohlendioxid einen Gesamtlösungsinhalt von 1520 mg/l aufwies und daher vermutlich in enger Beziehung zu dem schon länger bekannten Mineralwasseraustritt steht. Das Bohrloch wurde daher bis auf 25,30 m Tiefe verfüllt und liefert heute zur Süßwasserversorgung des Betriebes ein Wasser mit 736 mg/l festen gelösten Bestandteilen und 116 mg/l gelöstem Kohlendioxid.

Nieder-Rosbach, Mineralquelle an der Harbmühle

Nach JOCHHEIM 1858 (S. 112) wurde um das Jahr 1778 in dem weiträumigen, quellenreichen Talanfang W der Harbmühle beim Reinigen der Quellgräben "ein Sauerbrunnen entdeckt und in eine 16-20' (4,50 - 5,70 m) tiefe hölzerne Fassung gesetzt".

Bei Untersuchungen des Verf. im Jahre 1967 konnte hier kein Mineralwasser mehr nachgewiesen werden. Die Beschreibung von JOCHHEIM (1858, S. 112, s.auch RASPE 1885, S.325) sowie seine chemische Analyse (Tab. 15 MV 38) seien daher wiedergegeben:

"Das Wasser des Brunnens hat 10 1/2°R (13,1°C) Temperatur. Es perlt stark, die Gasblasen entsteigen der Quelle fast ununterbrochen. Es ist vollkommen klar, schmeckt angenehm säuerlich, riecht schwach nach Schwefelwasserstoffgas und setzt ziemlich viel Eisenoxydhydrat ab. Die Ergiebigkeit der Quelle beträgt 1 3/4 bis 2 CF (= Kubikfuß) in der Minute (0,7 - 0,8 l/s)". Nach der Analyse von JOCHHEIM aus dem Jahre 1855 wies das Wasser 1551 mg/l feste gelöste Bestandteile (11,91 Gran/16 Unzen) und 879 mg/l freies gelöstes Kohlendioxid auf (15,54 Kubikzoll/16 Unzen). Hiernach wäre das Mineralwasser als Natrium-Calcium-Hydrogenkarbonat-Wasser zu charakterisieren.

Ähnlich den Verhältnissen beim Rosbacher Brunnen wurde der Mineralwasseraufstieg vermutlich durch eine der Taunus-Randstörung parallele streichende Verwerfung begünstigt. An der Erdoberfläche trat es aus lößüberdeckten Kiesen und Sanden aus, die nach WENZ (1936) dem Pliozän, nach NÖRING (1953, unveröffentlichtes Gutachten) vermutlich jedoch der Grenze Oligozän/Miozän angehören (vgl. Abschn. 4.1 und 4.2).

In dem heute noch vorhandenen Quellgebiet wurden am 18.5.1966 zahlreiche Proben entnommen (s. Analysen Q 81, 82, Tab. 17), wobei der höchste Chlorid-Gehalt mit 141 mg/l in einem flächenhaften Wasseraustritt bei R 34 78 82, H 55 72 22, ca. 140 m S des Pumpwerkes erreicht wurde. Kohlendioxid ließ sich - vermutlich infolge Entgasung durch Luftkontakt - nicht nachweisen. Der Hydrogenkarbonat-Gehalt betrug 244 mg/l. Die von dieser Entnahmestelle ca. 50 m W entfernt gelegenen gefaßten Süßwasserquellen Nr. 3 und 4 weisen nach einer Mischwasseranalyse vom 18.3.1969 154,0 mg/l gelöstes Kohlendioxid bei nur 18,2 mg Chlorid/l auf.

Das Verschwinden der bis in die fünfziger Jahre des 20. Jahrhunderts noch gut bekannten Mineralquelle dürfte auf den störenden Einfluß zweier in den Jahren 1955-1956 rund 250 m SW und rund 100 m NNE entfernt bei R 34 78 64, H 55 72 00 (Brunnen I) sowie R 34 78 82, H 55 72 28 (Brunnen II) niedergebrachten Brunnenbohrungen für Süßwasser zurückzuführen sein. Die ca. 80 m tiefe Bohrung I mit einer Pumpleistung von 18 l/s erschloß Wasser mit 102 mg/l Chlorid, 14,8° dKH, 16,5°dGH und 84 mg/l freiem gelöstem Kohlendioxid (28.1.1956). Der deutlich erhöhte Chlorid-Gehalt weist auf einen Einfluß von Mineralwasser hin. Der NNE gelegene Brunnen II weist dagegen trotz gleich hoher Leistung nur 10,4 mg/l Chlorid bei 11,8° dKH und 12,4° dGH auf (28.1.56), was einem durchschnittlichen süßen Grundwasser dieser Gegend entsprechen dürfte.

Nimmt man bei den Brunnen eine Dauerförderung von jeweils 10 l/s an, so wird in Brunnen I eine Chloridfracht von rund $3 \times 10 = 30 \text{ mval/s}$ (1000 mg/s) abgeführt, welche selbst bei Berücksichtigung der Chlorid-"Normalfracht" in Bohrung II ($10 \times 0,28 = 2,8 \text{ mval/s} = 100 \text{ mg/s}$) mit 900 mg/s um mehr als das 3-fache höher liegt als die nach JOCHHEIM (1858) zu errechnende Chlorid-Fracht des ehemaligen Sauerbrunnens ($0,8 \times 10 = 8 \text{ mval/s} = 280 \text{ mg/s}$). Vermutlich wurden in Bohrung I tiefliegende, höherkonzentrierte Zuflüsse der Mineralquelle erfaßt und die Quelle selbst hierdurch zum Versiegen bzw. Aussüßen gebracht.

Burgholzhausen, Säuerling

JOCHHEIM (1858, S. 106-108) erwähnt "etwa 5 Minuten von Holzhausen zu beiden Seiten der Erlenbach zwei schwache Sauerquellen. Die auf der linken Seite derselben (vermutlich die unten beschriebene, Verf.) ist schon sehr alt, die auf der rechten wurde vor ungefähr 12 Jahren angelegt. Beide Quellen sind nothdürftig von hölzernen Verzimmerungen umschlossen". Nach den vollständigen Analysen von JOCHHEIM (1858) lagen beim Wasser der "alten" Quelle 392 mg/kg feste gelöste Bestandteile und 345 mg/kg freies gelöstes Kohlendioxid vor. Das Wasser der "neuen" Quelle wies noch geringere Mineralgehalte auf. (s.auch TASCHKE 1858, S.71, von RITGEN 1858, S. 447).

Lage: Bl. 5718 Ilbenstadt, Gemeindebezirk Burgholzhausen v.d.H., R 34 76 72, H 55 68 91, Höhenlage ca. 173 m üNN, im mittleren Teil der Ortschaft, ca. 120 m N der Straßenbrücke, ca. 7 m E des Erlenbach-Ufers auf einem stark verkrauteten und mit Sträuchern bewachsenen Geländestreifen.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Der Sauerling sitzt vermutlich direkt der Taunus-Randverwerfung auf, die im Erlenbachtal zwischen Burgholzhausen und Köppern aus ihrem sonst vorwiegend SW-NE-Verlauf in die N-S-Richtung (im Ortsbereich von Burgholzhausen) bzw. SE-NW-Richtung (N Burgholzhausen bis Köppern) umbiegt und dadurch um mehrere Kilometer nach NW verspringt. E der Störung sind die Schichtenfolgen zur Wetterau hin abgesenkt. So wurden bei Bohrungen im Liegenden der unter Lößbedeckung anstehenden tertiären Kiese und Sande auf der W Tal-seite (bei R 34 76 45, H 55 69 47) ca. 1 km NW Burgholzhausen devonische Phyllite bei 172 m üNN vorgefunden. Auf der E Tal-seite (bei R 34 76 44, H 55 69 89, ca. 1,3 km NNW Burgholzhausen) wurde dagegen weder in einer bis 168 m üNN noch in einer bis 107 m üNN reichenden Bohrung (bei R 34 77 50, H 55 70 74, ca. 2 km NNE Burgholzhausen) Schiefergebirge angetroffen.

Fassung: Der aus Beton gearbeitete, außen quadratisch mit abgerundeten Ecken gestaltete Schachtbrunnen ist 3,00 m u.Fl. tief (ge-
lotet am 10.6.69) und ragt 0,48 m über Flur hinaus. Die lichte Weite des kreisförmigen Innenraumes beträgt im obersten Teil 1,05 m, ab 1,08 m unter Brunnenrand 0,95 m. Der Schacht ist mit einem aufgelegten Eisen-
deckel verschlossen und besaß früher offensichtlich eine aufsitzende Handpumpe, da sich auf dem Deckel heute noch ein gußeisernes Auslauf-
becken befindet. Vom Brunnen abfließendes Wasser ist weder an der Fas-
sung selbst, noch am Bachufer zu erkennen. Der Ruhewasserspiegel stand am 10.6.1969 0,10 m u.Fl.. Im ocker-gelbbraun gefärbten Brunnenwasser ist lebhafter Gasblasenaufstieg zu beobachten.

Zur Wasserprobennahme (Analyse Tab. 15, MV 39) wurde der Brunnen mit einer Motorpumpe ca. 30 Min. lang mit einer Pumpleistung von 0,5 l/sec. Wasser abgepumpt, wobei der Wasserspiegel auf 1,50 m u.Fl. absank.

(Eine tiefere Absenkung wurde vermieden, um nicht Bachwasser im Untergrund herbeizuziehen). Hierbei wurde beobachtet, daß ein Groß-
teil der aufsteigenden Gasblasen durch die stark korrodierte undichte Brunnenwandung an der Verengung in 1,08 m Tiefe eindringt.

Schüttung: Kein oberirdischer Abfluß

Analysen: 1858 Jochheim (JOCHHEIM 1858, S.107; RASPE 1885, S. 206)
10.6.1969 HLfB, THIELICKE (s. Tab. 15, MV 39).

Charakteristik: Calcium-Hydrogenkarbonat-Säuerling

Nutzung: keine

5.3.1.1.4 Horlofftal

Trais-Horloff, ehemaliger Säuerling

An dem zuerst kurz nach 1600 in Laubacher Archivakten erwähnten (KÖBRICH 1937) Mineralbrunnen E des Dorfes Trais-Horloff wurde 1763 von den Grafen Solms-Laubach und Solms-Hohensolms-Lich die Saline "Christianswerk" gegründet und 1770 ein zweiter Mineralbrunnen erstellt. 1784 wurde das Werk an Frh. v. Beust verpachtet, aber schon 1808 auf Abbruch verkauft (KÖBRICH 1939/40, s. auch WAGNER 1830, S.282). Nach BLÖCHER (1931, S. 70) war es bis 1820 in Betrieb. Seine Gebäude, die "einige 100 Schritte von dem heutigen Brunnen entfernt" (von HEYDEN 1853, S. 2) lagen, waren 1844 bereits vollständig verfallen. Obwohl von den Einwohnern noch häufig genutzt, war die Quelle schon 1828 weitgehend in Vergessenheit geraten, da WILLE sie nicht erwähnt. (Möglicherweise meint er jedoch die Quelle bei Trais-Horloff, wenn er eine solche bei "Utpa" = Utphe [1828, S.162] erwähnt. Im Jahre 1858 (JOCHHEIM, S.135/136) weist die Quelle noch eine Holzfassung auf, "hat keinen Abfluß, quillt aber ziemlich stark" (s. auch TASCHE 1858, S. 73). Bei der verbreiteten zweideutigen Anwendungsweise des Begriffes "Brunnen" könnte hieraus geschlossen werden, daß der Wasseraustritt schon früher (wie heute) lediglich ein Schachtbrunnen gewesen war, wogegen Versuche der Bevölkerung, die Quelle "wieder zu fassen" (von HEYDEN 1853, S. 2) als Hinweis für eine früher tatsächlich vorhandene Quelle betrachtet werden können. Nach von HEYDEN (1853) hörte man 1844 im Untergrund einiger "schuh-tiefer", Kohlendioxidgas erfüllter Erdlöcher deutlich Wasser rauschen. Später soll die Quelle wieder als Sauerbrunnen ausgeflossen sein und erst wenige Jahre vor 1921 (SCHOTTLER 1921, S. 81) durch einen mißglückten Fassungsversuch zu fließen aufgehört haben. Sowohl SCHOTTLER als auch vor ihm CHELIUS (1905, S. 105) trafen aber nur einen Schachtbrunnen an.

Kurze Erwähnung findet die Quelle bei LUDWIG 1852 (S. 44).

Lage: Bl. 5519 Hungen, Gemeindebezirk Hungen, Ortsteil Trais-Horloff, R 34 93 56, H 55 89 97, Fassungs-Oberkante ca. 129 m üNN, ca. 340 m ESE der Kirche, Wiesen auf der W-Seite der breiten Horloff-Talaue.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Das Mineralwasser von Trais-Horloff zirkuliert in quartären Schichten der Horloff-Talaue, welche die vermutlich noch heute aktive Zerrüttungszone der E Horloffgraben-Randstörung überdecken.

Fassung: Runder Schachtbrunnen von 3,50 m Tiefe (gelotet am 10.6.1969); bis ca. 2 m Tiefe in einem Eisenrohr von ca. 1,75 m Durchmesser, in größerer Tiefe von ca. 1,40 m Durchmesser gefaßt. In Flurhöhe ist die Fassung von Mauerwerk verstärkt und von einem runden Eisenblech überdeckt. Der Ruhewasserspiegel befindet sich 0,95 m unter der Schachtoberkante. Die umgebenden Wiesen sind trocken.

Zu der Probennahme am 10.6.1969 wurde das Wasser des Schachtbrunnens mittels einer Motor-Saugpumpe 90 Minuten lang mit ca. 0,8 l/s Pumpleistung abgepumpt, wobei sich der Wasserspiegel auf 2,50 m u.Fl. absenkte, ohne Konstanz erreicht zu haben. Der Chloridgehalt stieg hierbei nicht merklich an (mehrfache orientierende Cl-Untersuchung).

Gelöstes Kohlendioxid: 266 mg/l (zu Beginn des Abpumpens untersucht. Untersuchung nach Abpumpen wegen starker Trübung und Eigenfärbung des Wassers nicht möglich).

Analysen: 1858 JOCHHEIM (JOCHHEIM 1858, S. 135, RASPE 1889, S. 470, s. Tab. 15, MV 40), 10.6.1969 HlfB, THIELICKE (s. Tab. 15, MV 41).

Charakteristik: Mineralarmes Calcium-Hydrogenkarbonat-Wasser (bei JOCHHEIM 1858: Magnesium-Calcium-Natrium-Chlorid-Hydrogenkarbonat-Säuerling).

Nutzung: Keine

Berstadt, Säuerling ("Kreuzquelle")

Die Berstädter Mineralquelle stand bereits in der Mitte des 18. Jahrhunderts "wegen ihres lieblichen Wassers in großem Rufe". Sie war daher schon 1742 in einem mit Eichenholzbohlen verkleideten Schacht "mit

etwa gleichem Durchmesser wie das Schwalheimer" (2 Fuß) gefaßt. "Von Künstlerhand viereckig behauene Steine bilden einen festen Abschluß" (ECKHARDUS 1742, s. auch BAUMER, J.W.: "Naturgeschichte des Mineralreichs.", zit. b. KÖBRICH 1937; ZÜCKERT 1768, S. 265; KUEHN 1789, S. 466; SCHEIDEMANDEL 1792, S. 103; WAGNER 1830, S. 25).

1828 bestand ein in Stein gefaßter Schacht von 8,5 Fuß (2,42 m) Tiefe und 4 x 4 Fuß (1,14 m) Weite, der einen unbedeutenden Abfluß von 11,3° C warmem 0,661 prozentigen salzhaltigen Wassers aufwies (WILLE 1828, S. 150). TASCHE gibt 1853 (S. 110, s. auch JOCHHEIM 1858, S. 132) seine ursprüngliche Tiefe mit 18 Fuß (5,1 m) an, wogegen die Tiefe zu seiner Zeit nur 10 Fuß (2,85 m) betrug.

Da die Fassung häufig durch Hochwässer überschwemmt wurde, legte TASCHE 1852 nach mehreren Bohrversuchen 75 Fuß (21 m; vermutlich W) von der erstgenannten Fassung entfernt einen höherliegenden, 13,5 Fuß (3,85 m) tiefen, in Buchenholzbohlen gefaßten und am oberen Rand mit gußeisernem Rahmen versehenen Schachtbrunnen an. Sein Abfluß war nur sehr gering. In den folgenden Jahren wurde jedoch auch dieser Brunnen vernachlässigt und daher unbrauchbar (s. auch TASCHE 1858, S. 71).

Alle genannten Autoren berichten von zahlreichen weiteren Mineralwasser- und Kohlendioxid-Gas-Austritten in der näheren Umgebung der Quellfassungen, insbesondere in einem, zwischen beiden liegenden, Entwässerungsgraben.

In den anschließenden Jahrzehnten scheint die Quelle weitgehend in Vergessenheit geraten zu sein, da sie keine Erwähnung mehr findet. Die heute bestehende Fassung der Kreuzquelle wurde im Jahre 1953 vermutlich an Stelle des von TASCHE niedergebrachten Bohrloches angelegt.

Lage: Bl. 5519 Hungen, Gemeindebezirk Berstadt, R 34 92 48, H 55 86 72, Überlauf ca. 125 m üNN, am W Rand der Horloff-Talaue, im Wiesengelände ca. 45 m S der Straße Berstadt-Grund-Schwalheim (B 455).

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Quartäre Talfüllung im Bereich der E Horloffgraben-Randstörung. Bei der Neufassung wurden unter einem 3,70 m tiefen, schutterfüllten ehemaligen Schacht bis 5,80 m Tiefe feine Sande angetroffen, in die von 4,15 - 4,35 m Tiefe Ton- und von 4,80 m - 4,85 m Tiefe Schlicklagen eingelagert sind. Die Schichtenfolge wird, bis zur Endteufe von lateritisch zersetztem Basalt unterlagert.

Fassung: 17,50 m tiefer Bohrbrunnen, dessen Bohrlochweite von 1000 mm im oberen Teil auf 700 mm im unteren Teil abnimmt. Als Steigrohr dienen Steinzeugrohre von 300 mm Durchmesser, die im oberen Teil von 5,60 - 7,60 m, darunter (mit Ausnahme der untersten 2 m) auf jedem 2. laufenden Meter geschlitzt sind. Im umgebenden Sediment sind die Rohre bis 5,60 m Tiefe mit einer Tonabdichtung und bis zur Endteufe mit einer Filterkiesschüttung eingebettet.

Schüttung: 1,7 l/s (nach Angabe des Eigentümers).

Analysen: 1858 JOCHHEIM (JOCHHEIM 1858, S. 134; RASPE 1885, S. 62, jeweils Analysen der "alten" und der "neuen" Quelle);

10.7.1953 Chemisches Untersuchungsamt Gießen (s.Tab. 15, MV 45).

Charakteristik: Magnesium-Calcium-Natrium-Chlorid-Hydrogenkarbonat-Säuerling.

Nutzung: z.Zt. keine, früher Versand.

Ca. 20 m E der oben beschriebenen Anlage befindet sich ein zweiter, im Jahre 1955 bis auf 30 m Tiefe niedergebrachter Bohrbrunnen, in dem ein der Kreuzquelle ähnlich mineralisiertes Wasser angetroffen wurde. Wegen geringer Leistung wurde er später bis auf ca. 6 m Tiefe verfüllt. Über den heute bestehenden Ausbau liegen keine Unterlagen vor.

Grund-Schwalheim, Römerbrunnen

Nach MARTIN (1926, S.4) wurden im Römerbrunnen Krugreste römischer Herkunft gefunden, die bei der geringen Entfernung des römischen Lagers Echzell vermuten lassen, daß die Mineralquellen der Schwalheimer Höfe bereits zu dieser Zeit regelmäßig genutzt wurden (s.auch Deutsches Bäderbuch 1907, S.67; KÖBRICH 1928, S.68). Ausführlich untersucht und beschrieben wurden die Quellen erstmalig in einer Dissertation von ECKHARDUS (1742). Dieser stellte "unzählige" Quellen in der näheren Umgebung der Siedlung fest, von denen die auffälligste auf der E-Seite des Tales "mit einem sehr dicken Strahl ausgestattet (ist), der mit Druck und Getöse, das fünfzig Schritt und weiter zu hören ist und zwei Klafter (ca.3,6 m) hoch springt. So reichlich und mit solchem Druck springt sie, daß das hervorschießende Wasser als die Quelle vor einem Jahr ausgeschöpft wurde, eine Öffnung von einem

Fuß (28 cm) Durchmesser bildete. Der Strahl konnte nicht ganz aufgefangen werden, obwohl sich vier Männer mit Gefäßen, die fünf Amphoren faßten, sich darum bemühten". Das Wasser sammelte sich in einem ca. 0,60 m weiten Eichenholz-gefaßten Becken. Der Schilderung von ECKHARDUS folgte ZÜCKERT (1768, S. 293/294). KLIPSTEIN (1790), S. 49, s. auch KUEHN 1789, S.515) über Salzwasser-Sucharbeiten, bei denen etwa im Jahre 1778 "unter der Schwalheimer Mühle" in einer 80 Fuß (22,8 m; nach TASCHE 1853 97 neue hessische Fuß = 24 m) tiefen Bohrung stärkeres Wasser als andere Wetterauer Mineralwasser" angetroffen wurde, das "den Pyrmonter wenig nachgab" (KLIPSTEIN 1788, S.399). Es floß aus einem hölzernen Bohrstock fingerdick (TASCHE 1853a, S. 107). Wegen des starken Besucherverkehrs und Schöpfungsnutzung wurde die Quelle vom Besitzer des Grundstückes zugeschüttet (WAGNER 1830, S. 287), nach 1806 jedoch wieder gefaßt.

1828 (WILLE, S.150) bestanden innerhalb der Schwalheimer Höfe zahlreiche (vermutlich Schacht-) Sauerbrunnen, darunter 6 "vorzüglichere" mit Tiefen von 15 - 25 Fuß (= 4,30 - 7,10 m), die als Hausbrunnen genutzt wurden (1853 erwähnt TASCHE (S. 106-110) 10 dieser Brunnen mit Tiefen bis zu 50 Fuß (= 14,20 m)). Südlich der Höfe befanden sich zwei weitere Brunnen (WILLE 1828, S.151): Der Eselsbrunnen mit 4 Fuß (= 1,10 m) tiefer und 3 x 3 Fuß (0,85 x 0,85 m) weiter Fassung und einem 12,5° C warmem Wasser von 0,69 % Gehalt bei 0,19 l/s Schüttung und der Beckbrunnen (ohne Fassungsangaben) mit 15° C warmem Wasser von 0,805 % Salzgehalt bei 0,04 l/s Schüttung. Ihr Wasser war so begehrt, daß es nach Darmstadt verschickt wurde.

Als 1826 im Zusammenhang mit verstärkter Mineralwassersuche für Salzhäusern unter der Leitung des Salineninspektors Langsdorf erneute Bohrversuche unternommen wurden, fand man die beiden Quellen in stark vernachlässigtem Zustand vor, weshalb man sie ausräumte. Ihre Schüttung war danach nur noch gering. In ihrer Nähe wurde eine 89,4 Fuß tiefe (ca. 25,4 m) Bohrung niedergebracht, (Schichtenprofil bei TASCHE 1853a, S. 108), die nach Abschluß der Arbeiten einen Überlauf von 6,3 Kubikfuß in 10 Minuten (ca. 0,16 l/s) aufwies (s. auch LIEBIG 1827). 1829 wurde über dem Bohrloch bis zur Tiefe von 41,5 Fuß = 11,8 m ein Brunnenschacht errichtet, wobei man außer dem zentral aufsteigenden Mineralwasser in 35 Fuß = 10 m Tiefe seitlich den Zufluß eines anders

schmeckenden, eisenreicheren Mineralwassers feststellte. Beide Wasser erhielten getrennte Aufstiegsröhren, so daß man dem Gesamtmischwasser je nach Öffnungsverhältnis verschiedenen Charakter geben konnte. Nach Fertigstellung lag die Fassung in einem grossen Quellraum, in den man über eine Treppe hinabsteigen konnte. Die Quellen flossen in einem 8 Fuß = 2,30 m tiefen und 6 Fuß = 1,70 m im Quadrat weiten, überdeckten Schacht aus. Bereits in den 50iger Jahren des 19. Jahrhunderts war die Anlage wieder stark verwahrlost (TASCHE 1853, S. 109; 1858, S. 71; JOCHHEIM 1858, S.125).

Seit 1884 wird das Wasser zum Versand gebracht (Deutsches Bäderbuch 1907, S.67). 1906 wurde die Tiefe des Bohrloches mit ca. 40 m angegeben (GÜNTHER & TAUBERT 1906), aus dem mittels eines verzinnten Kupferrohres von 45 mm Durchmesser das Mineralwasser entnommen wurde. Zu dieser Zeit wurde erstmalig der Name "Römerbrunnen" genannt, was auf eine (vermutlich kommerzielle) Namens-Neubildung hinweist.

Kurze Erwähnung (z.T. mit Analyse) findet die Quelle bei THILENIUS (1772, S. 43); BLEY (1831, S.351); MÖLLER (1835, S.30); SIMON (1839, S.174); OSANN (1841, S. 841); CHELIUS (1905, S.104); Deutsches Bäderbuch (1907, S.67) und SCHOTTLER (1921, S.82).

Lage: Bl.5519 Hungen, Gemeindebezirk Echzell, Ortsteil Grund-Schwalheim, R 34 93 19, H 55 85 95, Überlauf ca. 125 m üNN, ca.350 m S der Ortschaft, am E - Rand der Horloff-Talaue, ca. 30 m W des Betriebsgebäudes der "Vereinigten Mineralquellen Willy Klöss KG".

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Bei der Fassung des Römerbrunnens wurde nach TASCHE (1853a) und 1,30 m mächtigen torfigen und 3,30 m mächtigen sandig-tonigen Schichten bis zur Endteufe von 25,4 m Tuffe und Basalte angetroffen. Die gleichen Vulkangesteine wurden von SCHOTTLER (1921) flächenhaft in der höher gelegenen östlichen Umgebung nachgewiesen, wogegenⁱⁿ der ca. 1 km NW gelegenen Kreuzquelle Basalte in ähnlicher Tiefe wie am Römerbrunnen anstehen. Der Römerbrunnen liegt daher vermutlich unmittelbar auf der Zerrüttungszone der N-S-streichenden östlichen Horloffgraben-Randverwerfung. Im Quellbereich wird diese möglicherweise von einer Querstörung gekreuzt, da

sich das Horlofftal S der Quelle plötzlich um etwa 400 m erweitert und auch auf der W Talseite ein E-W-verlaufendes Seitentälchen einmündet.

Fassung: ca. 35 m tiefer Bohrbrunnen. Nach Angaben des Eigentümers ist das 2 Zoll weite Bohrloch unverrohrt und mündet in seinem oberen Teil in einen quadratischen, 0,80 m weiten und 1,50 m tiefen Vorschacht. Die Fassung befindet sich in einem Brunnenhäuschen.

Schüttung: 3,3 l/s (nach Angaben des Eigentümers).

Analysen: 1827 LIEBIG (LIEBIG 1827; BLEY 1831, S. 351; MÖLLER 1835, S.30; VETTER 1838, S. 290; SIMON 1839, S.174/175; OSANN 1832, S.654; 1841, S. 841; LUDWIG 1852, S. 46; TASCHE 1853a, S.110; 1853b, S. 7; JOCHHEIM 1858, S. 127; TASCHE 1900, S.9; GÜNTHER & TAUBERT 1906, S.2), 1884 FRESENIUS (GÜNTHER & TAUBERT 1906, S. 2; Deutsches Bäderbuch 1907, S. 67), 1884 PISTOR (CHELIUS 1905, S. 104 ?),

10.10.1905 GÜNTHER & TAUBERT (GÜNTHER & TAUBERT 1906, S.2),

7.2.1950 Chemisches Untersuchungsamt Gießen (unveröffentlicht)

7.10.1952 ("Neuer Brunnen") Staatliches chemisches Untersuchungsamt Gießen (unveröffentlicht),

30.10.1959 Chemisches Laboratorium FRESENIUS (s.Tab. 15, MV 44).

Charakteristik: eisenhaltiger Magnesium-Natrium-Calcium-Hydrogenkarbonat-Chlorid-Säuerling.

Nutzung: Versand

Bei JOCHHEIM (1858, S. 126/127) ist die Analyse einer dem Römerbrunnen benachbarten Quelle abgedruckt.

Ober-Widdersheim, ehemaliger Säuerling (Ortsteil der Stadt Nidda)

TASCHE schreibt 1858 (S. 72): "eine hier (bei Ober-Widdersheim) vorhandene wohlschmeckende Sauerquelle im Basaltgebiet wurde vor mehreren Decenien zugeschüttet". Nach JOCHHEIM (1858, S.132) war danach die Stelle durch häufig ausströmendes Kohlendioxid noch kenntlich. Möglicherweise trat die Quelle später wieder aus oder wurde aufgegraben, da sie auf der Geologischen Karte von Hessen, Bl. Hungen (SCHOTTLER 1921) bei ca. R 34 95 49, H 55 85 61 als Sauerquelle eingezeichnet ist.

In den zugehörigen Erläuterungen wird sie als ungefaßter und abflußloser, kohlensäurehaltiger Wasseraustritt beschrieben (S. 82). Nach Auskunft von Ober-Widdersheimer Einwohnern wurde die Mulde in den 40er Jahren dieses Jahrhunderts wieder zugeschüttet, da es durch ausströmendes Kohlendioxid-Gas in einem nahestehenden Vihschuppen zu Tierverlusten gekommen war.

In dem flach geneigten und wenig gegliederten Gelände sind heute keine morphologischen Anzeichen der Quelle mehr festzustellen, doch wird von den Landwirten auffällig behindertes Pflanzenwachstum auf einer kreisförmigen Fläche von ca. 20 m Durchmesser auf weiterhin ausströmendes Kohlendioxid-Gas zurückgeführt.

Ober-Widdersheim, Säuerling am Häuserhof

Erstmalig wird diese Quelle von TASCHE (1853a, S. 106) in Verbindung mit den Sauer- und Gasquellen am SW Rande des Vogelsberges genannt. Er stellte ihren schwach gesäuerten, stahlartigen Geschmack und eine Wassertemperatur von $7,5^{\circ}$ R ($9,4^{\circ}$ C) fest. Sie wies eine notdürftige Fassung und geringe Schüttung auf und diente den Bewohnern des Häuserhofes als Trinkwasser (s. auch TASCHE 1854, S. 127; 1858, S. 71; JOCHHEIM 1858, S. 131). Der Zustand der Quellfassung hat sich bis heute noch verschlechtert.

Lage: Bl. 5519 Hungen, Gemeindebezirk Nidda, Ortsteil Ober-Widdersheim, R 34 95 75, H 55 86 78, Überlauf ca 141 m üNN, in der Talsenke ca. 200 m W des Häuserhofes, ca. 25 m N des Häuserhof-Baches.

Fassung: Aus Beton und Natursteinen gemauerter, fast ganz von Erdreich und Gestrüpp überdeckter Schacht unbekannter Tiefe. Das Wasser der Quelle läuft ca. 0,70 m unter dem Niveau des umgebenden Terrains an der Fassung seitlich durch ein 1,25-Zoll-Rohr in eine provisorisch mit rohen Steinen ausgelegte Mulde am Ende eines Entwässerungsgrabens über.

Schüttung: 0,03 l/s (am 28.6.1967)

Wassertemperatur: $9,9^{\circ}$ C (bei 21° C Lufttemperatur am 28.6.1967)

Analysen: Eine Vollanalyse des Quellwassers liegt nicht vor. Nach einer Untersuchung von Herrn Dr. W. MÜLLER, Bad Nauheim (Freundl. persönliche Mitteilung) wies das Wasser am 11.8.1959 27 mg/l Chlorid, 1056 mg/l gelöstes Kohlendioxid, 170,8 mg/l Hydrogenkarbonat bei

336,5 mg/l Trockensubstanz und dementsprechend 423 mg/l feste gelöste Bestandteile auf.

Am 28.6.1967 wurden durch den Verf. 924 mg/l gelöstes Kohlendioxid, 38 mg/l Chlorid, 163 mg/l Hydrogenkarbonat ($7,5^{\circ}$ dKH) sowie 4,72 mval/l Erdalkalien ($13,2^{\circ}$ dGH) festgestellt. Der quantitative Eisennachweis verlief negativ.

Das Wasser der Häuserhofquelle weist hiernach einen um die Definitionsgrenze (1000 mg/l) des Sauerlings schwankenden Kohlendioxid-Gehalt auf und stellt daher zumindest zeitweise einen Sauerling dar. Aus den übrigen Mineralstoffen ergibt sich kein Hinweis auf einen Zusammenhang mit den Salzwässern der Wetterau.

Echzell, ehemaliger Sauerling

Die Kenntnis des Echzeller Sauerbrunnens geht bis in das 17. Jahrhundert zurück. Dies ist aus einer von TASCHÉ (1853a, S. 112) erwähnten historischen Notiz zu ersehen, nach der bei einer im Jahr 1635 herrschenden Pest Echzell weniger in Mitleidenschaft gezogen und diese Tatsache dem Genuß des Sauerwassers zugeschrieben wurde.

1742 schreibt ECKHARDUS (§ 7): (Die Quelle) "ist von Bohlen umgeben, aber ihr Wasser muß man mit einer Pumpe entnehmen. Sie empfiehlt sich durch ihre Klarheit und durch ihren etwas herben Geschmack schärfer als der der (Grund-)Schwalheimer Quelle; auch sie beweist durch den weißlichen, ziemlich salzigen Rückstand nach dem Verdampfen, daß sie zu den Mineralquellen gehört". Sie wird "von den Einwohnern stark gebraucht" (ZÜCKERT 1768, S. 294). KLIPPSTEIN hatte 1790 (S. 51) "an dem Gepolter dieser Quelle" sein "besondere Vergnügen. Bald ist's stille, bald fängt's auf einmal wieder an aus der Tiefe in die Höhe zu poltern ...". 1828 wird die Tiefe des Schachtes mit 15 Fuß (= 4,27 m) angegeben. Er enthält ein $8,7^{\circ}$ C warmes 0,57 % salzhaltiges Wasser, das stark nach Schwefelwasserstoffgas schmeckt und riecht (WILLE 1828, S. 151). Aus einer nach TASCHÉ (1853a, S. 112) im Brunnen befindlichen Jahreszahl ("1744 oder 1754") könnte auf eine Neufassung geschlossen werden. Zu seiner Zeit betrug die Tiefe 18 Fuß (= 5,13 m), die Salzkonzentration nach einer Analyse von HOFFMANN (o.J., ca. 1852) 3458 mg/l (s. Tab. 15 Analyse MV 46). JOCHHEIM folgt 1858 (S. 120-121) ausführlich den Angaben TASCHÉS, wie auch die meist kurzen Hinweise anderer Autoren (KUEHN 1789, S. 517, VETTER 1838, S. 290, OSANN 1841,

S. 819, LUDWIG 1852, S. 50, LUDWIG 1855d, S. 70; s. auch TASCHE 1858, S. 71; 1900, S. 9) auf die genannten Beschreibungen zurückgehen.

Im Jahre 1939 war der Brunnen noch in Betrieb und (nach einem Bericht v. Herrn Dr. Müller, Bad Nauheim, v. 28.6.1939) gefaßt in 5 Zementrohre von 0,70 m Durchmesser, die (nach Aussage v. Herrn W. Köhler, Echzell) ein 5 - 7 m tief reichendes Holzfilterrohr von ca. 0,30 m Durchmesser umschlossen. Auf die Sohle der Zementrohrfassung waren Grobsteine geschüttet, der Pumpschacht nach oben mit einer eisernen Platte abgedeckt. Die Wasserförderung geschah mittels einer hölzernen Kolbenpumpe. Es wurde bereits nicht mehr regelmäßig Mineralwasser entnommen.

Der Grundwasserspiegel stand am 3.6.39 2,09 m u.Fl., am 27.6.39 1,52 m u.Fl..

Bei einer Untersuchung durch Herrn Dr. Müller am 3.6.39 betrug die Wassertemperatur $10,5^{\circ}$ C, der Chlorid-Gehalt 1150 mg/l und der Bikarbonatgehalt 23,7 mval/l (1446 mg/l). Die Salzgehalte nahmen bei halbstündigem Pumpen ab; eine nach 30 Minuten Pumpen entnommene Wasserprobe enthielt einen Trockenrückstand von 2870 mg/l und wies rund 800 ccm gelöstes Kohlendioxid auf (mit dem Karat-Schüttelgerät bestimmt).

Lage: Bl. 5619 Staden, Gemeindebezirk Echzell, R 34 92 37, H 55 83 99, Höhenlage ca. 123 m üNN, 440 m E der Kirche, am E Ortsausgang, S der Straße nach Bisses, an der E-Seite der "Gaststätte Waldlust".

Geologische Verhältnisse im Brunnenbereich: Vermutlich quartäre Talfüllung im Zerrüttungsbereich der E Horloffgraben-Randstörung.

Fassung: An der Erdoberfläche sind heute nur noch Hinweise auf einen ehemals vorhandenen Brunnen zu finden: ein Betonklotz von ca. 0,20 m Durchmesser (vermutlich an der Stelle des ehemaligen Steigrohres) in der Mitte zwischen vier quadratisch angeordneten abgeschlagenen Betonpfählen (evtl. Reste einer Trittrampe oder Überdachung).

Im Oktober 1968 wurde vom Verfasser 8 m S der Brunnenfassung eine 1,50 m tiefe Handbohrung niedergebracht (s. Bg. 335), welche bei einem Grundwasserspiegel von ca. 1,00 m u.Fl. ein Wasser antraf, aus dessen Chloridgehalt von 35 mg/l sich kein Zusammenhang mit dem ehemals vorhandenen chloridischen Salzwasser ableiten läßt, dessen Hydrogenkarbonat-Gehalt mit 621 mg/l den entsprechenden Gehalt der HOFFMANNschen Mineralwasseranalyse (JOCHHEIM 1858) jedoch übersteigt.

(Hierbei ist allerdings die geringe Entnahmetiefe bei der Handbohrung zu beachten). Vermutlich wurden die Grundwasserverhältnisse bei der vor wenigen Jahren stattgefundenen Regulierung der ehemals nahegelegenen Horloff durch Verlegung und Auffüllung des Flußbettes gestört. Die Analyse von HOFFMANN (o.J., ca. 1852) wird daher in Tab. 15 (MV 46) wiedergegeben.

Charakteristik: Natrium-Magnesium-Chlorid-Säuerling

Analyse: Ohne Datum (ca. 1852) HOFFMANN (LUDWIG 1852, S. 50; 1855d, S. 71; TASCHE 1853 a, S. 113; 1853 b, S. 8; 1900, S. 9; JOCHHEIM 1858, S. 120, RASPE 1885, S. 139; s. auch Tab. 15, MV 46).

5.3.1.1.5. Bad Salzhausen

Geologische Verhältnisse: Der Talkessel von Bad Salzhausen liegt inmitten der großflächigen Basalt- und Tuffvorkommen, die nach SCHOTTLER (1925, 1931) den Vulkaniten der 3. und 4. Epoche des "Vorderen Vogelsberges" angehören. W des Ortes sind diesen Gesteinen Braunkohlen vermutlich tortonischen Alters (STEGEMANN 1964b, S. 272) eingelagert. Im näheren Umkreis der Mineralwasseraustritte steht auf einer ca. 0,5 km² großen, von Verwerfungen umgrenzten nahezu quadratischen Fläche (s. Geol.Kte., SCHOTTLER 1921) unter 6 - 9 m mächtiger tonig schluffiger und torfiger quartärer Bedeckung eine Schichtenfolge schnell wechselnder Feinsande, Schluffe und Tone an. Bei der Fassung der Mineralquellen wurden daher überwiegend ähnliche Untergrundverhältnisse angetroffen (überliefert sind die Schichtenverzeichnisse der Schwefelquelle, der Lithiumquelle, der Sole-Neubohrung und der Stahlquelle). W des Ortes wurde die sandig-tonige Folge im Liegenden der Braunkohle festgestellt, woraus ihr vorbasaltisches Alter abzuleiten ist. Nach der in den Jahren 1906 - 1908 im Kurpark niedergebrachten Tiefbohrung (s. unten) wird sie hier erst in 128,80 m Tiefe von Phonolith unterlagert, unter dem von 575 - 612 m Tiefe "verkitteter Sand (Tuffit)" und "tonige Masse (Tuff)" und in größerer Tiefe Rotliegend-Schichten anstehen (SCHOTTLER 1921, S. 98). In N und W Richtung treten Phonolithe jedoch in geringerer Tiefe auf und stehen örtlich auch an der Erdoberfläche dicht neben den erheblich jüngeren Basalten an.

Diese ungewöhnlichen Lagerungsverhältnisse sind nach SCHOTTLE (1925, 1931) auf engräumiges Nebeneinander einer Horststruktur (Höhe NW des Ortes) und einer Grabenstruktur (im Talkessel) zurückzuführen, die ihrerseits von den großräumigen Grabenstrukturen der Harbsenke (im NW) und des Niddatales (im SE) begrenzt werden. HUMMEL (1929, S. 108) schließt dagegen aus den Lagerungsverhältnissen auf die Existenz eines durch Phonolith-Intrusion in Rotliegend-Schichten entstandenen Horstes.

Erschließung der Quellen: Obwohl der Ort Salzhausen bereits 1187 urkundlich genannt wird, finden die Salzquellen erst 1446 in Verbindung mit "Johannes (dem) Soder" Erwähnung. Nach ihm sind als Lehnsmänner der Sode Ludwig Knot (1495), Johann Arnold von Dorneck (1577), ein Wolfskehl, ein Holländer und ein Franzose (WINKELMANN 1697, S. 72) bekannt. Von 1592 bis 1728 befand sich die Saline im Besitz der Familie Krug. Sie errichtete das Werk neu und erschloß 1623 zu der bestehenden 1,5 %igen Quelle (s. auch J. THOELDEN/Hessum 1603, S. 153; MARTIN 1913d S. 9) eine neue 2,5 %ige Hauptquelle. 1697 bestanden bereits 3 Mineralbrunnen (WINKELMANN 1697, S. 72), der 2 % haltige "alte Brunnen", der 1,5 % haltige "kleine Brunnen" und der 1,5 % haltige "neue Brunnen" (KLIPSTEIN 1788, S. 395). Nach dem Erwerb der Saline durch den Landgrafen von Hessen 1729 wurde eine vierte Quelle gefaßt und das Werk nach Gutachten der Salinisten BEUST und WAITZ neu errichtet. 1776 wurde es von W. LANGSDORF modernisiert und zu neuer Blüte gebracht. Er berichtet 1788 von 8 Salzbrunnen (LANGSDORF 1788, S. 425). Angeblich sanken durch Einfluß starker Erdbeben in den Jahren 1790 - 1796 die Salzgehalte der Quellen auf 0,5 % ab (WAGNER 1830, II, S. 251; TASCHKE 1853 b, zit. 1900, S. 11; KNOTT 1913). KÖBRICH (1933) zweifelt zunächst die Zuverlässigkeit dieser Berichte an, da Aufzeichnungen über derartige Ereignisse bisher noch nicht in Akten der hessen-darmstädter Regierung aufgefunden worden seien. Später räumt er jedoch ein (KÖBRICH 1935), daß man bei der langjährigen Erfahrung TASCHES dessen Berichten Glauben schenken sollte. Von SIEBERG (1940, S. 103) wird für Salzhausen ein Erdstoß im Jahre 1796 erwähnt.

Die geringen Gehalte der Quellen machten jedoch ohnehin bei der Salzproduktion stets Schwierigkeiten (Geschichtliche Übersichten s. LANGSDORF 1788, KLIPSTEIN 1788, KNOTT 1913, KÖBRICH 1914). Es wurden daher in den Jahren nach 1820 zahlreiche Bohrversuche zur Neuerschließung von Salzwasser angestellt:

- 1821-1822 Bohrloch I, ca 400 m W des Kurhauses gelegen, 117,5 m tief, vertieft in den Jahren 1838-1840 auf 155,7 m. Sole wurde nicht angetroffen (TASCHE 1854; Profil s. SCHOTTLER 1921, S.97).
- 1825 am Solbrunnen II, 32,5 m tief (Brunnen II war nach TASCHE 1853 b und 1854 der Hauptbrunnen und wies die größte Tiefe und Schüttung auf).
- 1826 am Solbrunnen VII, 9 m tief.
- 1847 Abbohrung des gesamten Talbodens mittels 34 Bohrlöchern, überwiegend 5-8 m tief, 7 Bohrungen zwischen 25 und 53 m tief. Von diesen trafen die meisten Sole in Konzentrationen bis 0,75 %, Bohrung V (53 m tief) bis 1,5 %, Bohrung XI (32 m tief) bis 1,5 % an. Vermutlich geht hierauf die Entdeckung der von TASCHE (1858, S. 73) erwähnten "Bitterquelle" zurück, die im Jahre 1857 gefaßt wurde.
- 1856-1858 beim Salzbrunnen III und Kunsthaus ein 136 m tiefes Bohrloch unter der Leitung von TASCHE (Profil s. SCHOTTLER 1921, S. 95), das ausschließlich fluviatile Sande erschloß. Hier wurde in 73 m Tiefe mit 1,25 % und 22,5° C Temperatur die höchste Konzentration angetroffen, die aber in noch größerer Tiefe auf 0 % absank. Die Bohrung wurde daher stillgelegt (LEPSIUS 1900 b).

Wegen der geringen Aussicht auf größere Mengen bzw. höher konzentrierte Rohsole wurde der Salinenbetrieb 1860 eingestellt. Nach LERSCH (1860, S. 1536) bestanden zu dieser Zeit 8 Brunnen.

Die Struktur des Ortes wurde nun ganz auf den bereits seit 1826 begonnenen Badebetrieb ausgerichtet, der schnell an Bedeutung als Kinderbad und Nachkur für Bad Nauheim gewann (BLÖCHER 1931, S. 69).

Im Jahre 1900 ließ Lepsius drei geologische Untersuchungsbohrungen N des Kurhauses niederbringen: 1. Am Schäfersteich (43,6 m tief; Profil in SCHOTTLER 1921, S. 99), 2. 50 m SW des Schäfersteiches (51 m tief, Profil in SCHOTTLER 1921, S. 100), 3. 100 m SW des Schäfersteiches (31 m tief; Profil in SCHOTTLER 1921, S. 100), die erwartungsgemäß kein Mineralwasser, aber genauere Erkenntnisse über den geologischen Bau des Talkessels erbrachten.

Diesen folgend setzte Lepsius im gleichen Jahr die Haupt-Mineralwassererschließungsbohrung zwischen dem Kurhaus und dem Tasche'schen Bohrloch von 1855/1858 (bei R 35 98 86, H 55 86 54) an, welches im folgen-

den Jahr 413,3 m Tiefe erreichte (Tiefbohrung I, Profil in SCHOTTLER 1921, S. 99). Die Salzkonzentrationen des Grundwassers nahmen hierbei mit zunehmender Tiefe unregelmäßig bis auf 2,12 % zu, wogegen eine auffallend regelmäßige Temperaturzunahme bis zur Maximaltemperatur von 36,0° C mit fortschreitender Bohrtiefe beobachtet wurde (siehe Abb. 4 dort auch Angabe der Rohrdurchmesser). Da beim Ziehen der Bohrröhre Schwierigkeiten auftraten, wurde das Bohrloch mit einer - statt, wie geplant, 300 m tiefen - 225 m tiefen und dort gegen die Bohrlochrohre abgedichteten asphaltierten Steigverrohrung versehen, aus der mittels Ventilbüchse in 100 bis 200 m Tiefe in der Zeit bis Oktober 1902 bis zu 2,71 l/s Solwasser von 2,25 - 2,5 % Salzgehalt und 24-27,7° C Temperatur gepumpt wurde. Die Ergiebigkeit verringerte sich danach stark und der Wasserspiegel sank im Bohrloch von 5 m bis auf 45 m uGel. ab.

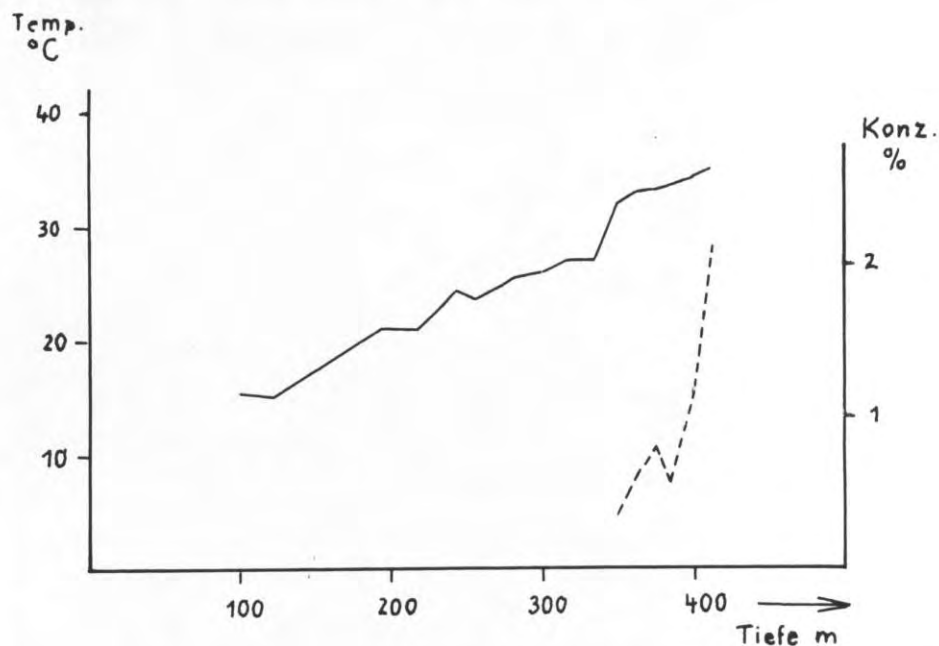


Abb. 4. Temperaturen und Mineralkonzentrationen des Wassers in Tiefbohrung I (1900/1901), Bad Salzhausen

Zur Leistungserhöhung waren im März und Juli 1901 Bohrlochsprengungen in 314 und 413 m Tiefe vorgenommen worden, jedoch ohne Erfolg. Lepsius vermutete, daß durch diese Sprengungen der Zufluß des von 5,20 m bis 128,80 m Tiefe anstehenden Triebssandes vermehrt wurde und daher die Klüfte im Phonolith zunehmend verstopften. Nach Aussagen von 6 Zeugen (Bohrarbeiter) im Jahre 1938 (Bericht vom 8.2.1938) soll bei Erreichen der Endteufe am 22.6.1901 beim Aufsetzen eines Rohres ein Sprudel, der 33° C Wassertemperatur aufwies, mannshoch über die Erd-

oberfläche hinausgesprungen sein. Die Schüttung soll erst nach einer in der darauffolgenden Nacht durchgeführten Bohrlochsprengung ausgeblieben sein (W. WAGNER 1938)¹⁾. Nach Aussage von Herrn Möbus, Salzhausen (5.2.1938) floß 1903/1904 das Wasser aus dem Bohrloch noch mit 1 l/s Schüttung und 34° Wassertemperatur über. Bereits 1938 trat das Wasser nicht mehr aus dem Bohrloch aus. Bei einem Pumpversuch am 16./17.7.1937 war die Verrohrung bis 78,6 m uFl. zugeschlammte. Das Bohrloch war schnell leergepumpt und füllte sich nur langsam wieder mit Salzwasser.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts bestanden nach Angabe des Deutschen Bäderbuches (1907, S. 223) 6 Quellen. Im Jahre 1906 wurde als weiterer Erschließungsversuch in NW 19 m Entfernung (bei R 35 98 86, H 55 86 56) die 646,61 m tiefe "Tief-Bohrung II" niedergebracht, welche bis 128,80 m Tone und Sande, bis 575 m Phonolith, bis 612 m kalkig-sandigen Tuffit und bis 646,61 m Sandsteine des Rotliegenden erschloß (Profil in SCHOTTLER 1921, S. 98). Die Angaben über Analysenwerte des angetroffenen Grundwassers sind lückenhaft. Der Hauptandrang an Mineralwasser wurde bei einer Bohrtiefe zwischen 408 und 420 m (SCHOTTLER 1921, S. 82; nach WAGNER 1938 zwischen 420 und 450 m) aus den Spalten des Phonoliths beobachtet, wo Salzgehalte bis 2 ‰ und Wassertemperaturen von 36-40° C auftraten (genaue Analyse s. ENSSLIN 1926, S. 252). In größerer Tiefe nahm der Mineralgehalt stark ab, schließlich verschwand das Wasser im rotliegenden Sandstein". Das Salzwasser lief erst wieder aus, nachdem der untere Teil der Bohrung bis 554,5 m mit Tonkugeln abgedichtet, bis 494 m Tiefe eine Sandfüllung eingebracht und auf diese ein Holpfropfen (Oberkante in 492,30 m Tiefe) gesetzt war. 1924 lief das Wasser dieser Bohrung noch mit etwa 28° C über (SCHOTTLER 1925, S. 26), war damit die wärmste und nach der Analyse von SONNE (mit 19,76 g Salz, 15,09 g NaCl, 3,51 g CaCl₂, 0,832 MgSO₄ entsprechend 11,40 g/l Cl⁻, 0,664 g/l SO₄²⁻, 5,94 g/l Na⁺, 1,27 g/l Ca²⁺, 0,17 g/l Mg²⁺) die salzreichste der Salzhausener Quellen. Unterlagen über die bei Pumpversuchen erreichte Leistung des Bohrbrunnens fehlen. Aus Angaben eines bei der Bohrung beschäftigten Arbeiters schätzte WAGNER, daß die Entnahme bei der Absenkung des Grundwasserspiegels von 0 auf rund 50 m uFl. ca. 260 m³/d (ca. 3 l/s) betrug. Nach Aussage des Arbeiters war auch bei dieser Bohrung II eine Sprengung im Bohrloch durchgeführt worden, nach der die Schüttung des überlaufenden Wassers nachließ.

¹⁾ Gutachten (maschinenschriftl.): "Über die Möglichkeit, in Bad Salzhausen warmes Solwasser bzw. einen Solsprudel zu erbohren." (v. 23.2.1938; Archiv d. Staatsbades Bad Nauheim)

Im Rahmen der Bemühungen zur Erschließung größerer Mineralwassermengen wurden im Jahre 1960 vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung unter der Leitung der Herren Dr. Deppermann, Dr. Homilius und Repsold im Talgrund von Salzhausen unter Verwendung des Schlumberger-Verfahrens geoelektrische Untersuchungen an 260 Tiefensondierungen durchgeführt. In 5 m Tiefe treten gegenüber wahren spezifischen Widerständen von $> 15 \Omega\text{m}$ an den Talrändern Werte von $7,5 - 2,5 \Omega\text{m}$ und teilweise niedriger in einem auffallend gleichmäßig ca. 100 m breiten Streifen auf, der sich in NE-SW-Verlauf zwischen einem Punkt ca. 100 m S der Stahlquelle und ca. 100 m S der Solquelle VI und von da bis ca. 70 m NNW der Lithiumquelle erstreckt. Auch bei den in 20 m und 40 m unter Gelände gemessenen Werten zeichnen sich diese Richtungen deutlich ab. Hierbei sind die Bereiche hoher und niedriger Widerstände durch eine von der Stahlquelle über Solquelle VI zur Kapelle an der Kastanienallee verlaufende Linie scharf gegeneinander abgegrenzt. Wahrscheinlich zeichnet sich hierin eine den Mineralwasseraufstieg ermöglichende Störungszone ab. Im Bereich der höchsten Leitfähigkeit in 40 m Tiefe wurde 1960 eine 56,50 m tiefe Erschließungsbohrung niedergebracht, bei der bis zur Endteufe Tone und Sande angetroffen wurden. Der Pumpversuch erbrachte eine Leistung von $6 \text{ m}^3/\text{h}$ ($1,7 \text{ l/s}$) bei einer Chlorid-Konzentration von 7300 mg/l (28.10.60).

Zur ständigen Überwachung des mineralisierten Grundwassers wurden 1967 12 Grundwassermeßstellen von jeweils 6 m Tiefe errichtet (5 jeweils in der Nähe der Lithium- und der Schwefelquelle, 2 nahe der Stahlquelle).

Beschreibung der Quellfassungen: Die Zahl der Salzhausener Mineralquellen und -brunnen wird seit LANGSDORF (1788, S. 425) bis in jüngste Zeit mit 8 angegeben. In der Kartendarstellung von LANGSDORF sind davon 7 ohne genauere Bezeichnung eingetragen. Auch bei KLIPSTEIN (1788) fehlt eine Lagebezeichnung. Er gibt für die Zeit um 1745 neben Phantasienamen eine laufende Numerierung an (S. 395: I. Alter Brunnen, II. Kleiner Brunnen, III. Radbrunnen, IV. Neuer Brunnen), die auf 8 erweitert auch bei WILLE 1828 erscheint. Das Prinzip wird bis in das 20. Jahrhundert beibehalten, jedoch erfolgt nie eine genaue Quellbezeichnung in Verbindung mit einer Lagebeschreibung. Die Identität der Quellen ist daher nicht gesichert, obwohl auf der LANGSDORFschen Karte an der Stelle der heutigen Quellen I, III und V Quellfassungen eingetragen sind. Andererseits scheinen die Bezeichnungen nicht all-

gemein eingeführt gewesen zu sein, da LIEBIG, ohne den Ort der Entnahme anzugeben, in den Jahren 1825 (wiedergegeben in LIEBIG 1825, GRAFF 1825, S. 5, WAGNER 1830, S. 250, STUCKE 1831, S. 79, BLEY 1831, S. 413, OSANN 1832, S. 637, 1841, S. 813; ZEDLITZ 1834, S. 283; MÖLLER 1835, 1837, S. 257; VETTER 1838, S. 288; SIMON 1839, S. 210; OSANN 1841, S. 813; RASPE 1885, S. 406; SONNE u. FRANKE 1893, S. 450; CHELIUS 1905a, S. 95) und 1843 (wiedergegeben LIEBIG 1843; LUDWIG 1852, S. 32; TASCHE 1852b, S. 19; JOCHHEIM 1858, S. 89; LERSCH 1860, S. 1537; RASPE 1885, S. 407 = "Quelle II"-; SONNE & FRANKE 1893 a, S. 432, 1893 b, S. 450) je eine Analyse durchführt. SONNE & FRANKE (1893 a, S. 432) nehmen an, daß die von LIEBIG untersuchten Proben aus Brunnen III entstammten, wogegen RASPE (1885, S. 406) die Analyse 1825 mit "Quelle 1" und die Analyse 1843 mit "Quelle 2" bezeichnet. Letztgenannte Quelle ist nicht auszuschließen, da sie nach WILLE (1828, S. 147) und LERSCH (1860, S. 1536) besonders zur Rohsole-Entnahme benutzt wurde und auch von TASCHE (1854, S. 126) als Hauptbrunnen bezeichnet wurde. Die heute bestehenden un-numerierten Quellen wurden vermutlich in der 2. Hälfte des letzten Jahrhunderts angelegt, ein Teil von ihnen möglicherweise an Stelle zugeschütteter numerierter älterer. So schreibt SCHNITTSPAHN (in TASCHE 1900), daß die Schwefelquelle "in einem entbehrlich gewordenen, verfüllten Salzbrunnen entspringt".

Solquelle I

Die Fassung der Solquelle I geht vermutlich auf den von KLIPSTEIN (1788, S. 395) erwähnten "2 Grad haltigen" (ca. 2 %) "alten Brunnen" und damit auf die 1629 von Hermann Friedrich Krug erschlossene "Hauptquelle" zurück. Sie wurde wie die übrigen Quellen in den 70er Jahren des 18. Jh. von LANGSDORF (1788, S. 423) neu gefaßt. 1828 wird ihr Gehalt nur noch mit 1/4 Loth (1/4 %; WILLE 1828, S. 146) angegeben. Später wird sie gesondert bei TASCHE (1853 b, S. 14) erwähnt. 1893 wies der Brunnen nach SONNE & FRANKE (1893a, S. 431) einen 10 m tiefen Schacht auf. 1853 bestand bereits über ihr der noch heute vorhandene Turm (TASCHE 1853 b). Bei RASPE (1885, S. 406) wird die Analyse von LIEBIG aus dem Jahre 1825 der "Quelle I" zugeschrieben, dem jedoch die Vermutung von SONNE & FRANKE (1893 a, S. 432) gegenübersteht, daß sich die Analyse auf Quelle III bezieht. Nach der Mineralwasseranalyse der letztgenannten Autoren wird die Quelle in der gesamten Salzhausen betreffenden Literatur genannt.

Lage: Bl. 5519 Hungen, Gemeindebezirk Nidda, Ortsteil Bad Salzhausen, R 34 98 94, H 55 86 49, Überlauf ca. 140 m üNN, im Mittelpunkt des "Waserturmes" an der E-Seite der Trinkhalle.

Fassung: Schachtbrunnen von 9,70 m Tiefe (nach Aussage des Werkmeisters, Herrn Krämer) und elliptischem Aufriß (längste Achse 5,00 m, kürzeste Achse 3,80 m), dessen Wandung aus Ziegelsteinmauerwerk besteht. 1,05 m u.Fl. ist die Fassung durch eine Betondecke gegen Verunreinigungen geschützt. Das Mineralwasser fließt frei in einen unterirdischen Kanal über. Zum Gebrauch wird es mittels einer Saugleitung zu den Badehäusern gepumpt.

Schüttung: 0,17 l/s (am 3.1.66)

Analysen: 21./22.4.1892 SONNE & FRANKE (SONNE & FRANKE 1893a, S.430; 1893b, S. 447; ROSEMANN 1897, S. 114; TASCHE 1900, S. 18, GÜNTHER & TAUBERT 1906, S. 5; Deutsches Bäderbuch 1907, S. 223; "Bad Salz.", Prospekt vor 1920, S. 13; ENSSLIN 1926, S. 252; Reichs-Bäder-Adressbuch 1929 etc. S. 159).

24.9.1952 FRESSENIUS(s. Tab. 15, MV 63).

Charakteristik: Natrium-Chlorid-Wasser

Nutzung: Bade- und Trinkkur

Solquelle III

Die Quelle geht vermutlich auf den von KLIPSTEIN (1788, S. 395) beschrieben und ca. 1729 erstmalig gefaßten gut 1,5 lÖthigen (1,5 %) "Radbrunnen" zurück. 1828 wies diese Quelle nur noch 1 % Salzgehalt auf. Als Solquelle III wird sie erstmalig von SONNE & FRANKE (1893a) erwähnt und als 8 m tiefer Schacht beschrieben. Nach Vermutung der letztgenannten Autoren bezogen sich bereits die chemischen Analysen von LIEBIG aus den Jahren 1825 und 1843 auf das Wasser dieser Quelle (s.oben), wonach sie zu Beginn des 19. Jhr. die bedeutendste Quelle der Saline und des Bades Salzhausen gewesen sein müßte.

Auf Grund der 1892 durchgeführten Analyse der letztgenannten Autoren wird die Quelle in den meisten späteren Salzhausen betreffenden Veröffentlichungen genannt.

Lage: Bl. 5519 Hungen, Gemeindebezirk Nidda, Ortsteil Bad Salzhausen, R 34 98 86, H 55 86 48, Überlauf ca. 140 m üNN, im Brunnenhäuschen, das im sumpfigen Wiesengelände ca. 50 m WSW der Trinkhalle liegt.

Fassung: In Holz gearbeiteter, ca. 7,50 m tiefer Quellschacht mit trapezoedrischem Querschnitt (75°-Winkel). Die Innenmaße betragen an der Erdoberfläche zwischen 3,14 m und 3,30 m. An der Schachtsohle folgt über einer 0,50 m mächtigen Bruchsteinschüttung eine 0,30 m mächtige Filterkiesschüttung. Im freien Wasser darüber sind in dichter Folge die Schachtrahmenhölzer durch horizontale Rundhölzer gestützt, die kreuzförmig abwechselnd diagonal und senkrecht zu den Seitenwänden angeordnet sind. In Flurhöhe sitzt den Rahmenhölzern ein 0,53 m hoher, aus Ziegelsteinen gemauerter Schachtrand auf.

Das Mineralwasser fließt über ein Überlaufrohr in einen Wassergraben außerhalb des Brunnenhäuschens. Für den Kurzgebrauch wird es mittels einer Motorsaugpumpe zum Badehaus geleitet.

Schüttung: 0,06 l/s (am 3.1.66)

Analysen: (evtl. 1825 u. 1843 LIEBIG, s. oben)

21./22.4.1892 SONNE & FRANKE (SONNE & FRANKE 1893a, S. 431; 1893 b, S. 449; RASPE 1885, S. 40, dort unrichtig mit "II" bezeichnet; ROSEMAN 1897, S. 114; GÜNTHER 1897, S. 2; GÜNTHER 1898 a, S. 10; 1898 b, S. 126; TASCHE 1900, S. 18; Deutsches Bäderbuch 1907, S. 224; "Bad Salz", Prospekt vor 1920, S. 13, dort unrichtig mit "II" bezeichnet; ENSSLIN 1926, S. 252; Reichs-Bäder-Adressbuch 1929, S. 159 - dort unrichtig mit "II" bezeichnet). 25.9.1952 FRESSENIUS (s. Tab. 15, MV 62).

Charakteristik: Natrium-Chlorid-Wasser

Nutzung: Bade- und Trinkkur

Solquelle V

Aus der laufenden Nummer und der Tatsache, daß bereits auf LANGSDORFs Karte von Salzhausen (LANGSDORF 1788) am Ort ihrer Lage eine Brunnenfassung eingezeichnet ist, kann man annehmen, daß die Solquelle V zu den von LANGSDORF in den 70er Jahren des 18. Jh. gefaßten Quellen gehört und auch die 5. der von TASCHE (1853 b) erwähnten Quellen war. Besonders erwähnt wird sie erstmalig anlässlich der Analyse von SONNE 1900 und bei TASCHE 1900, S. 14. Von SONNE & RÜCKER (1891 b) unerwähnt, ist sie jedoch auf deren Lageplan von Salzhausen ohne Benennung eingezeichnet.

Lage: Bl. 5519 Hungen, Gemeindebezirk Nidda, Ortsteil Bad Salzhausen, R 34 98 91, H 55 86 47, Überlauf ca. 140 m üNN, ca. 35 m SSW der Solquelle I, in einer Buschgruppe dicht NE des NNE-SSW-verlaufenden Kurweges.

Fassung: In Holz gearbeiteter, ca. 8 m tiefer Quellschacht mit rechteckigem Querschnitt. Innenmaße an der Erdoberfläche 3,30 m x 3,20 m. Auf der gesamten Brunnentiefe sind in engen Abständen die Rahmenhölzer durch jeweils zwei Reihen horizontaler Rundhölzer an ihrer Gegenseite abgestützt. Die Fassung ragt um ca. 0,30 m üFl. hinaus und ist mit einem flachen, hölzernen Spitzdach vor Witterungseinflüssen geschützt. Das aufdringende Wasser fließt in einem Dränrohr zu einem Entwässerungsgraben bzw. wird mittels einer Saugleitung zu den Trink- und Badeeinrichtungen gepumpt.

Analysen: 1900 SONNE (Deutsches Bäderbuch 1907, S. 224; ENSSLIN 1926, S. 252),

1957 Staatl. Quellenforsch.-Inst. Bad Nauheim (s. Tab. 15, MV 65).

Charakteristik: Natrium-Chlorid-Wasser

Nutzung: Bade- und Trinkkur

Solquelle VI

Solquelle VI wird in der Literatur über Salzhausen nicht gesondert genannt. Vermutlich gehört sie jedoch zu den 4 von LANGSDORF nach 1776 (LANGSDORF 1788, S. 424) neu angelegten Quellschächten, da auch auf seiner Karte an der Stelle der heutigen Quelle eine Brunnenfassung eingezeichnet ist. Die jüngste Renovierung fand 1930 statt.

Lage: Bl. 5519 Hungen, Gemeindebezirk Nidda, Ortsteil Bad Salzhausen, R 34 99 00, H 55 86 48, Überlauf ca. 140 m üNN, ca. 60 m E der Solquelle I, im Wiesengelände, auf der W-Seite des Salzaches.

Fassung: 8,05 m tiefer (nach einem Ausbauplan - ohne Jahresangabe - des Hessischen Tiefbauamtes Bad Nauheim), bis 2 m Tiefe in Basaltbruchsteinmauerwerk, darunter in Holz verbauter Quellschacht. Vermutlich als Folge mehrfacher Aufwältigung weist die Anlage einen sehr unsymmetrischen Auf- und Abriß auf; Der mit einer Seitenlänge von 4,00 m an der Oberfläche quadratische Schacht taucht bis 4,30 m Tiefe in einem Winkel von ca. 75° schräg ab, verengt sich in 4,30 m Tiefe auf 3,50 m, um sich auf 4,13 m Breite in 6,55 m Tiefe auszudehnen. Hier sitzt er einem mit Basaltbrocken ausgelegten 2,48 m weiten und weitere 1,40 m tiefen Schacht auf (vermutlich Reste einer sehr alten Fassung). Das Mineralwasser fließt durch ein eisernes Rohr in einen flachen Graben und zum nahegelegenen Salzbach.

Das Mauerwerk des oberen Quellschachtrandes ragt um ca. 0,50 m über das Terrain und ist mit einer Holzverzimierung abgedeckt.

Schüttung: 0,11 l/s (am 3.1.66)

Analyse: 13.2.1958 Staatl. Quellenforsch.-Inst. Bad Nauheim (s.Tab. 15, MV 66)

Charakteristik: Natrium-Chlorid-Wasser

Nutzung: z.Z. ohne

Sole-Neubohrung

Die Sole-Neubohrung wurde im Jahre 1960 niedergebracht

Lage: Bl. 5519 Hungen, Gemeindebezirk Nidda, Ortsteil Bad Salzhausen, R 34 99 13, H 55 86 51, Überlauf 140,380 m üNN, ca. 200 m E der Trinkhalle im Wiesengelände des Kurparkes, Talmitte.

Fassung: 56,50 m tiefer Bohrbrunnen mit einem bis 51,25 m Tiefe reichenden und 150 mm weiten Steigrohr, das einem bis 56,25 m Tiefe reichenden, filtergewebeumgebenen Hagusta-Filterrohr aufsitzt (nach einem Ausbauplan der Fa. H. Anger's Söhne). Von 0 bis 44,50 m Tiefe ist das Steigrohr von einer belassenen Hilfsverrohrung von 318 mm lichter Weite umgeben. An der Erdoberfläche mündet es in einen 2,00 m tiefen und 1,50 m weiten, durch einen Eisendeckel verschlossenen Vorschacht aus Betonringen. Ungestört fließt das Mineralwasser frei über. Zur Nutzung wird es jedoch mittels einer in 25 m Tiefe hängenden Unterwasserpumpe über Kunststoffleitungen zu den Kureinrichtungen gepumpt.

Schüttung bei freiem Überlauf: 0,009 l/s (am 3.1.1966)

Ergebnis des Pumpversuches: 1,66 l/s bei einer Absenkung auf 8,60 m uFl..

Analyse: 13.1.1966 KIPMB, MÜLLER (s. Tab. 15, MV 64)

Charakteristik: Eisenhaltiges Natrium-Chlorid-Wasser

Nutzung: Badekur

Schwefelquelle

Die Schwefelquelle wurde in der 2. Hälfte des vorigen Jahrhunderts "in einem entbehrlich gewordenen verfüllten Salzbrunnen" (TASCHE 1900) gefaßt. Nach der Beschreibung und Durchführung der Analyse durch SONNE und RÜCKER wies sie im Jahre 1890 5,89 g/l gelöste Bestandteile bei einer Schüttung von 46 l/h (0,01 l/s) und 12° C Wassertemperatur auf und war nur oberflächlich gefaßt (SONNE & RÜCKER 1891 a, S. 214, 1891 b, S. 252). Eine tiefere Fassung erhielt sie ca. 1906, da ein aus diesem Jahr vorliegender Ausbauplan mit dem bei der jüngsten Neufassung im Jahr 1931 vorgefundenen 4 x 4 m weiten und mehr als 7,2 m tiefen (schuttfüllten) Holzschacht übereinstimmte.

Lage: Bl. 5519 Hungen, Gemeindebezirk Nidda, Ortsteil Bad Salzhausen, R 34 99 08, H 55 86 58, Überlauf ca. 140 m üNN, ca. 180 m NE der Trinkhalle im baumbestandenen Wiesengelände des Kurparkes.

Fassung: (nach einem ausführlichen Bericht über die Neufassung im Jahre 1934/1935 v. Herrn Dr. Müller, Bad Nauheim). Innerhalb eines älteren Holzschachtes von 4 x 4 m innerem Querschnitt und mehr als 7,20 m Tiefe, befindet sich ein aus 13 Zementrohren der lichten Weite 1000 mm und 0,50 m Länge gefertigter Sammelschacht, der in 6,50 m Tiefe einem Eschenholzrost aus 12 cm starken Vierkanthölzern über einer 0,50 m mächtigen Basaltschotterlage aufsitzt. Jedes der unteren 11 Zementrohre besitzt 16 Schlitzte zu 250 x 32 mm Länge. Der Zementrohrschacht ist in dem Holzschacht im engeren Bereich durch eine Basaltsplittpackung, im weiteren Bereich durch eine Bauschuttpackung (die in der älteren Fassung vorgefunden wurde) eingebettet. Innerhalb des Zementschachtes ist als Steigrohr ein Kupferrohr von 74 mm lichter Weite in Lahnkies eingeschüttet das bis 2 m oberhalb des mit einem Sieb abgeschlossenen unteren Endes mit 5 mm weiten Löchern im Abstand von 10 mm durchbohrt ist.

Die Kiesschüttung weist von 6,50 m bis 4,00 m Tiefe 12-30 mm Korngröße und von 4,00 bis 1,50 m Tiefe 5-12 mm Korngröße auf. 0,60 m unter dem mit einer abschraubbaren Kappe versehenen oberen Ende des Steigrohres zweigt ein Kupferrohr von 24 mm lichter Weite ab und schließt an den Überlauf an. Der Zementschacht ist an der Erdoberfläche mit einem Eisengußdeckel mit abnehmbarer Kappe verschlossen, der Holzschacht mittels imprägnierten Tannenholzbohlen überdeckt. Der Überlauf befindet sich in einer über Treppenstufen bequem zugänglichen Vertiefung ca. 0,65 m unter der Erdoberfläche und wird von einem pavillonartigen Schutzdach überspannt.

Schüttung: 0,04 l/s (am 3.1.1966)

Analysen: 1.7.1890 SONNE & RÜCKER (SONNE & RÜCKER 1891 a, S. 214; 1891 b, S. 252; ROSEMANN 1897, S. 114; TASCHE 1900, S. 23; Reichs-Bäder-Adressbuch 1929 etc. S. 159), 1900 SONNE (Deutsches Bäderbuch 1907, S. 225; ENSSLIN 1926, S. 252), 24.9.1952 Chemisches Laboratorium Fresenius (s. Tab. 15, MV 68).

Charakteristik: Schwefelhaltiges Natrium-Chlorid-Wasser

Nutzung: Trinkkur

Lithiumquelle

Die Lithiumquelle (früher "Eisenquelle"; bei TASCHE 1853b, zit. in 2. Aufl. 1900, als "Quelle IV" bezeichnet) wurde in der 2. Hälfte des letzten Jahrhunderts mittels einer 10 m tiefen, in Holz gefaßten Bohrung erschlossen. Ihr Wasser wies bei einer Schüttung von 480 l/h (0,13 l/s) 8,66 g/l gelöste Bestandteile auf (SONNE & RÜCKER 1891 a, S. 213; 1891 b, S. 252). Wegen ihres verhältnismäßig hohen Lithiumgehaltes (2 mg/l) wird sie in den meisten späteren Veröffentlichungen gesondert erwähnt (s. Analysenachweise).

Lage: Bl. 5519, Gemeindebezirk Nidda, Ortsteil Bad Salzhausen, R 34 98 78, H 55 86 42, Überlauf 140,44 m üNN, ca. 140 m SW der Trinkhalle, sumpfiges Wiesengelände am SW-Rand des Kurparkes.

Fassung: 8,08 m tiefes (Ansatzpunkt Fassungsoberkante 140,53 m üNN), bis zum Niveau der Hallensohle gelochtes Steigrohr von 80 mm Durchmesser (Ausbauplan des IPMB, ohne Datum), das vermutlich in eine Filterkies-schüttung eingebettet ist. 0,46 m uFl. fließt das Mineralwasser in einen Auslauf über und ist in einer gruftartigen Vertiefung mit halbseitig offenem Hallenüberbau zur Trinkkur frei zugänglich.

Schüttung: 0,11 l/s (am 3.1.1966)

Analysen: 1.7.1890 SONNE & RÜCKER (SONNE & RÜCKER 1891a, S. 213; 1891 b, S. 250; ROSEMANN 1897, S. 114; GÜNTHER ca. 1897, S. 2; 1898 a, S. 10; 1898 b, S. 125; TASCHE 1900, S. 21; Deutsches Bäderbuch 1907, S. 225; ENSSLIN 1926, S. 252; Reichs-Bäder-Adressbuch 1929 etc., S. 159), 1931 Inst. f. Quellenforsch. Bad Nauheim (s. Tab. 15, MV 69), 21.6.1966 IPMB, MÜLLER (unveröffentlicht).

Charakteristik: Li-haltiges Natrium-Chlorid-Wasser

Nutzung: Trinkkur

Stahlquelle

Die Stahlquelle wurde am Anfang der fünfziger Jahre des letzten Jahrhunderts (SONNE & FRANKE 1893, S. 432) gefaßt. Im Jahre 1892 schüttete sie 0,004 l/s und wies einen Salzgehalt von 2,63 g/l gelösten Bestandteilen und 11,8° C Wassertemperatur auf (SONNE & FRANKE 1893a, S. 433). Die heute vorliegende Fassung wurde im Jahre 1906 erstellt.

Lage: Bl. 5519, Gemeindebezirk Nidda, Ortsteil Bad Salzhausen, R 34 99 18, H 55 86 78, Überlauf ca. 142 m üNN, Wiesengelände am N-Rand des Kurparkes, ca. 60 m SE der Hauptstraße.

Fassung: Bohrlochfassung, bestehend aus einem 19,80 m tiefen (nach einem b. IPMB vorliegenden Schichtenverzeichnis) und 114 mm weiten Steigrohr, welches in einem gemauerten Vorschacht von 1,40 x 1,40 m Querschnitt mündet. Das Mineralwasser läuft in ca. 2 m Tiefe uFl. an der Außenseite des Vorschachtes durch ein Eisenrohr über. Der Auslauf ist in einem ca. 2,50 m tiefen Schacht über Treppen frei zugänglich.

Schüttung: 0,02 l/s (am 3.1.66)

Analysen: 22.4.1892 SONNE & FRANKE (SONNE & FRANKE 1893 a, S. 433; 1893 b, S. 451; ROSEMANN 1897, S. 114; TASCHE 1900, S. 20; Deutsches Bäderbuch 1907, S. 226; "Bad Salz.", Prospekt vor 1920, S. 226; ENSSLIN 1926, S. 252; Reichs-Bäder-Adressbuch 1929 etc. S. 159), 27.3.1957 Staatl. Quellenforsch.-Inst. Bad Nauheim, MÜLLER (s. Tab. 15, MV 70).

Charakteristik: Eisenhaltiges Natrium-Chlorid-Wasser

Nutzung: Trinkkur

5.3.1.1.6. Niddatal und E Seitentäler

Stadener Sauerling

Aus einer mittelalterlichen Sage, die 1550 von Erasmus ALBERUS veröffentlicht wurde, ist zu schließen, daß der "Stadener Sauerbrunnen" schon im Frühmittelalter bekannt war. Im Aschaffener Kopialienbuch des Klosters Hirzenhain wird in einer Urkunde vom 19.6.1435 ein "Snerborn" erwähnt, mit dem, wie KÖBRICH (1926b S. 68) vermutet, der "Suernborn" gemeint ist. Später wird er bei TABERNAEMONTANUS (1684, S. 422), 1697 bei WINKELMANN und 1708 in "Hübners Lexikon" genannt. Erste genaue Angaben finden sich bei WILLE 1828 (S. 152), zu dessen Zeit der Sauerling 18 1/4 Fuß (5,14 m) Tiefe und ein 10,6° C warmes Wasser mit

0,38% Salzgehalt aufwies. Es wurde als angenehm säuerlich schmeckend bezeichnet und in der Nachbarschaft häufig getrunken (s. auch WAGNER 1830, S. 271). In sehr vernachlässigtem Zustand fand TASCHE den Brunnen 1853 vor (TASCHE 1853a, S. 113). Der Schacht war damals 6 x 6 Fuß weit in Holzbohlen gefaßt und von im Jahre 1839 angelegten Umfassungsmauern und Sandstein-Bodenplatten umgeben. Die Tiefe betrug wegen Verschlamung nur 15,5 Fuß (4,42 m).

In anderen Schriften über die Mineralquellen der Wetterau wird der Stadener Säuerling kurz erwähnt (MÜLLER 1835, S. 30; OSANN 1841, S. 819; LUDWIG 1852, S. 50; 1855d, S. 70; TASCHE 1858, S. 74; CHELIUS 1905 a, S. 105, KÖBRICH 1940, S. 370).

Neben dem erhaltenen Schachtbrunnen soll früher ein zweiter, ebenfalls in Bohlen gefaßter Säuerling bestanden haben, der in den 20er Jahren des 19. Jahrhunderts zugeschüttet worden sein soll. Nach WINKELMANN (1697) und DIELMANN (1747, S. 369) befand sich

auch in der Stadt, also links der Nidda, ein Säuerling ("zwen herrliche Saur-Brunnen inner= und außen=werts"), der auch 1708 in "Hübners Lexikon" erwähnt wird. Er wurde zeitweise vom Niddahochwasser überschwemmt und verfiel schon in der 1. Hälfte des 18. Jahrhunderts. 1853 bestand "in dem Garten des Herrn Löw, nicht weit davon" ein schwacher Säuerling. Auch beim Bau der Niddabrücke stieß man auf Sauerquellen (TASCHE 1853a, S. 114).

Die letzte Fassung der heute bestehenden Quelle wurde im Jahre 1937 durchgeführt.

Lage: Bl. 5619 Staden, Gemeindebezirk Staden, R 34 93 49, H 55 77 51, Überlauf ca. 122 m üNN, außerhalb des Ortes, ca. 230 m W der Straßenbrücke und ca. 50 m N der Nidda.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Bei der Fassung der Quelle wurden nach SCHENK (1957, S. 247) unter quartären Talsedimenten in 8 m Tiefe Feinsande der Congerienschichten angetroffen. Diese werden möglicherweise in etwas größerer Tiefe von den Gesteinen des Rotliegenden unterlagert, da diese Formation wenige hundert Meter E in "Bohrung 2 auf der Bleiche" von SCHOTTLER (1925, S. 42; ohne genaue Ortsangabe, Ansatzpunkt etwa 122 m üNN) in rd. 6 m Tiefe angetroffen wurde. Durch eine ca. 1300 m E der Quelle vom Hessischen Landesamt für Bodenforschung angelegte Bohrlochreihe wurde nachgewiesen, daß die geringe

Tiefenlage des Rotliegenden auf horstartige Emporhebung der Formation im Talbereich zurückzuführen ist. (PRINZ, MÜLLER u. BEURER 1969, unveröffentlichtes Gutachten). Wie der Talverlauf der Nidda und die morphologischen Verhältnisse des Hanges N Staden andeuten, werden im Bereich des Stadener Sauerlings die vermutlich in Talrichtung (erzgebirgisch) streichenden Verwerfungen von rheinisch bis eggisch streichenden Randstörungen des Horloffgrabens gequert.

Fassung: Innerhalb eines älteren, 8 m tiefen und 1,80 m weiten Schachtes sind bis 10 m Tiefe Steinzeugfilterrohre von 300 mm lichter Weite in 3 abgestuft gekörnte Filterkieslagen eingeschüttet und im obersten Teil mittels einer 3 m mächtigen Tonabdichtung gegen eindringendes Oberflächenwasser abgesichert. An der Erdoberfläche wird die Fassung von einem achteckig aus Sandstein gemauerten Brunnenkopf von 0,95 m Innendurchmesser und 0,70 m Höhe abgeschlossen. An seiner Basis zwingt eine Betonplatte das aufsteigende Mineralwasser zum Ausweichen in ein ca. 200 mm weites Steigrohr, das in ein mit 3 Auslaufhähnen versehenes Überlaufrohr mündet. Der Schacht ist von einer Plexiglaskuppel abgedeckt. Die Fassung befindet sich im Mittelpunkt einer gärtnerisch gestalteten Anlage.

Schüttung: 0,18 l/s (am 11.6.1969)

Analysen: 1858 JOCHHEIM (JOCHHEIM 1858, S. 110; RASPE 1885, S. 440), 11.6.1969 HlFB, THIELICKE (s. Tab. 15, MV 48)

Charakteristik: Natrium-Calcium-Chlorid-Hydrogenkarbonat-Sauerling

Nutzung: keine

Selters und Wippenbach

Geologische Verhältnisse: Die Mineralquellen von Selters (Benediktussprudel) und Wippenbach (Klosterbrunnen) liegen im Kreuzungsbereich zweier NW-SE- bzw. NE-SE-streichender Störungszonen. An der ersteren ist der Buntsandstein des nach NW verlängerten Büdinger Waldes gegenüber den Schichten des Rotliegenden und Zechsteins der E Wetterau abgesunken. Die letztere wird vom Talverkauf der Nidda nachgezeichnet. Wie aus einer Tiefbohrung am Wippenbacher Klosterbrunnen zu schließen ist (s. unten) befindet sich im Talbereich in gleicher Streichrichtung eine schmale Horststruktur, in der zwischen den Buntsandsteinschollen der Talflanken unter geringmächtigen quartären Talsedimenten Schichten des Zechsteins horstartig emporgehoben sind (vgl. HÄUSER 1933; Geol. Kte. Bl. Ortenberg, TROPP 1936). Dem Mineralwasser wird daher sowohl durch verkar-

stete Kalksteine und Dolomite des Zechsteins, als auch durch intensive Klüftung der Aufstieg erleichtert.

Erschließung der Quellen: Nach FRESENIUS (1906, S. 3) und KÖBRICH (1928b, S. 55) wird Selters als Eigentum der Abtei Fulda in alten Chroniken häufig erwähnt. Aus der etymologischen Bedeutung des Ortsnamens kann man schließen, daß auch die Salzquelle seit alter Zeit bekannt waren. Die Kirchenchronik von Selters berichtet mehrfach von einer Salzquelle, deren Lage jedoch nicht mehr bekannt war. Nach dem Bericht von WILLE (1828, S. 161) war "zu beiden Seiten der Nidder, in der Nähe der Selterroder Mühle ein sogenannter alter Salzbrunnen, der bis zum Jahr 1826 (Jahresangabe "1825" bei JOCHHEIM; nach seiner Meinung ist die Wippenbacher Quelle gemeint) theils verschlämmt, theils durch einliegenden Schutt fast gänzlich außer Acht gekommen war; und sein Wasser wurde nur noch bisweilen von den Einwohnern der nächsten Dörfer, als vortheilhaftes Getränk bei einigen körperlichen Krankheiten benutzt. Im genannten Jahr kamen durch ihn, in seiner Nähe, Bohrversuche nach Soole zu Stande; er selbst wurde gereinigt, und mit einer viereckigen hölzernen Verzimmerung versehen." Das schwach quellende Wasser hatte 8,8 - 10° C Temperatur und 0,5 - 0,6 ‰ gelöste Bestandteile. JOCHHEIM gibt dagegen 1858 (S.96) mit 11,7 g/l Kochsalz einen doppelt so hohen Gehalt an gelösten Bestandteilen an.

Auch die auf der linken Seite der Nidder gelegene Quelle der Gemeinde Selters wurde ungefähr im Jahre 1828 gereinigt (WILLE 1828, S. 161). Beide Quellen wurden etwa um das Jahr 1843 zugeschüttet (JOCHHEIM 1858, S. 96). 1896 führt GÜNTHER die ausführliche Analyse der "Wippenbacher Mineralwasserquelle Klosterbrunnen" aus, die angeblich seit den "40er Jahren des vorigen (18.) Jahrhunderts" bekannt gewesen sein soll (GÜNTHER 1897, 1898a,b; s. auch CHELIUS 1903a, c). Nach seinen Angaben entquoll das Wasser zu dieser Zeit einem mit Holz ausgekleideten quadratischen Schacht von 1,30 m Seitenlänge und 7,20 m Tiefe und wies eine Schüttung von 4 l/Min. (0,07 l/s) auf (GÜNTHER 1898a, S. 10). Er stellte 8,4 g/l Kochsalz und 12,8 g/l gelöste Bestandteile fest. Vermutlich handelt es sich daher bei dieser, wie auch bei der von JOCHHEIM erwähnten Quelle mit 11,7 mg Kochsalz um eine dritte Quelle, den heutigen, weiter von der Nidder entfernt gelegenen Klosterbrunnen.

Außer den genannten waren auch im 19. Jahrhundert noch andere Salzquellen bekannt, da WILLE 1828 (S. 162) "Schwitzquellen in der Salz- und sumpfbartigen Wiese" und TASCHKE 1858 (S. 74) "mehrere schwache Kochsalzquellen" nennt. 1903 wurden im Talgrund 3 Mineralwassererschließungsbohrungen von 48,60 m ("Klosterbrunnen"), 56,40 m ("Benediktussprudel")

und 162,00 m ("Bg. 2 Selters, neben der Nidder") Tiefe durchgeführt (in HÄUSER 1933, S. 26/27 ohne genaue Ortsangabe); aus der östlichsten trat der Benediktus-Sprudel zutage. Trotz der Bezeichnung "Klosterbrunnen" wurde die Bohrung I vermutlich nicht in der Quelle selbst niedergebracht, da dies wegen der Erschließung tieferen, wahrscheinlich konzentrierteren Mineralwassers eine Veränderung des Quellwasser-Chemismus zur Folge gehabt haben müßte. Nach einer im Jahre 1971 durchgeführten Vollanalyse hat die Gesamtkonzentration der festen gelösten Bestandteile aber nur um 3 % (6 mval/l) gegenüber der im Jahre 1897 festgestellten zugenommen. Die unmittelbar neben der Nidder gelegenen Quellen und Bohrung 2 sind heute nicht mehr vorhanden.

Weitere überwiegend kurze Erwähnung finden die beschriebenen Quellen bei MÖLLER 1835 (S. 28), OSANN 1841 (S. 813), LUDWIG 1852 (S. 44), TASCHE 1854 (S. 127), 1858 (S. 74), LUDWIG 1857 (S. 41/42), CHELIUS 1905 a (S. 96/97), KÖBRICH 1914 (S. 16), 1939/1940, S. 360.

Benediktussprudel

Der Benediktussprudel sprang am 21.3.1903 aus dem Bohrloch empor und wurde nach dem Heiligen dieses Tages benannt.

Lage: Bl. 5620 Ortenberg, Gemeindebezirk Selters, R 35 02 88, H 55 78 78, Überlauf ca. 130 m üNN, zwischen dem Kurhaus und der Nidder, im Keller an der SW-Seite des Badehauses.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Im Bohrloch wurden unter 7,00 m mächtigen lehmigen, sandig-tonigen, schlickigen und kiesigen Schichten des Quartärs bis 33,00 m rote und graue "Schieferletten" des Buntsandsteins und des Oberen Zechsteins, bis 42,00 m Zechsteindolomit und bis zur Endteufe (56,60 m) Schiefertone des Zechstein angetroffen (Schichtenverzeichnis in HÄUSER 1933, S. 26/27).

Fassung: 56,60 m tiefer, mit Rohren von 100 mm lichter Weite gefaßter Bohrbrunnen (nach mündl. Mitteilung des Eigentümers, Ausbauzeichnungen liegen nicht vor).

Das selbständig aufsteigende Wasser sprang nach KÖBRICH (1928b, S. 55) bei der Erschließung bis 4,50 m Höhe empor. Heute wird es über Rohre zu den Badeanlagen geleitet, bzw. läuft z.T. in 1,70 m Höhe über dem umgebenden Gelände in die oberste von dreien nach dem Prinzip des römischen Brunnens angeordneten Schale über.

Schüttung: 1,4 l/s (am 31.7.1969; 3,0 l/s am 4.7.1906, FRESENIUS 1906)

Analysen: (Vor 1905) SONNE (erwähnt in CHELIUS 1905a, S. 97), 4.7.1906
FRESENIUS (FRESENIUS 1906, Reichs-Bäder-Adressbuch 1931, S. 193),
5.4.1948 FRESENIUS (s. Tab. 15, MV 77)

Charakteristik: Natrium-Chlorid-Säuerling

Nutzung: Bade- und Trinkkur.

Klosterbrunnen

Lage: Bl. 5620 Ortenberg, Gemeindebezirk Wippenbach, R 35 02 26, H 55 79 17,
Überlauf ca. 129 m üNN, im N Teil des hier stark sumpfigen Niddertalgrund-
des, ca. 800 m N Selters und ca. 600 m NE Konradsdorf (daher bisweilen
auch "Konradsdorfer Mineralquelle" genannt).

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: In dem vermutlich in nächster
Nähe niedergebrachten Bohrloch (s. oben) wurden unter 9,30 m mächtigen
Schichten der quartären Talfüllung bis zur Endteufe (48,60 m) die tonig-
schiefrige und kalkig-mergelige Folge des Zechsteins erschlossen. Das
Mineralwasser zirkuliert bevorzugt in den in 9,30 m - 12,30 m bzw.
48,60 - 50,10 m Tiefe anstehenden verkarsteten Kalksteinbänken.

Fassung: In den sumpfigen Untergrund der Wiese senkrecht eingelassenes
offenes Betonrohr von 1,50 m lichter Weite und 2,00 m Tiefe (gemessen
am 31.7.1969). Stark vernachlässigter Zustand.

Schüttung: Ca. 0,1 l/s (am 31.7.1969; nicht genau meßbar, da das Wasser
sowohl über den Rand des Fassungsrohres als auch aus mehreren kleineren
Austritten außerhalb der Fassung empordringt. Nach wenigen Metern ver-
sickert es im sumpfigen Wiesengelände).

Analysen: 16.6.1896 GÜNTHER (GÜNTHER ca. 1897, S. 1; 1898a, S.10; s.Tab.15,
22.5.1971 HlFB, THIELICKE (unveröffentlicht) MV 78

Charakteristik: Eisenhaltiger Natrium-Chlorid-Säuerling

Nutzung: Keine

Büdingen

Geologische Verhältnisse: In der Umgebung von Büdingen streichen, von W nach E folgend, die Schichten des Rotliegenden, des Zechsteins und des Unteren Buntsandsteins aus. Ihr E Abtauchen wird durch zahlreiche Staffelbrüche, die den Untergrund in ein Mosaik von Einzelschollen zerlegen, verstärkt. Ein vermutlich NE-SW-streichender Abbruch (PRÜFERT 1969, Abb. 2) mit mindestens 100 m Verwerfungsbetrag quert vermutlich E des Büdinger Schlosses das Seemenbachtal. Dies wird durch die Zechstein-Hangendgrenze belegt, die einerseits am N Talrand in Büdingen ansteht, andererseits in dem 263 m tiefen Bohrloch von GLENCK E des Schlosses in über 100 m Tiefe angetroffen wurde. (Die genaue Angabe der Zechstein-Hangendgrenze ist hier aufgrund der ungenauen Gesteinsbeschreibung im Schichtenverzeichnis nicht möglich; s. unten). Wegen des auffallend geraden Verlaufes des Seemenbachtals ist auch in dieser Richtung eine Verwerfung bzw. Zerrüttungszone zu vermuten. Das im tieferen Untergrund in verkarsteten Kalk- und Dolomitsteinen des Zechsteins wandernde Mineralwasser steigt daher in der am E Ortsrand Büdingens gelegenen stark zerrütteten Kreuzungszone beider Richtungen auf und tritt in die ca. 5 - 10 m mächtigen Porengrundwasserleiter der quartären Talfüllung über bzw. bildet vereinzelt schwache Quellen.

Vermutlich ist auch die Mineralwasser-Fündigkeit der Bohrungen am Salinenhof auf dieselbe Verwerfung zurückzuführen.

Erschließung der Quellen und Brunnen: Nach vereinzelt Hinweisen in mittelalterlichen Urkunden zu schließen, waren die Büdinger Mineralquellen schon in dieser Epoche bekannt. So wird 1490 eine "Wiese by dem Salzborn" erwähnt. 1602 wurde am Südrand der Stadt die Saline Ferdinands-halle errichtet (BLÖCHER 1931, S. 64), über deren Produktion aber erst ca. 150 Jahre später Zahlen vorliegen. Unter Graf Ernst Casimir I. zu Ysenburg und Büdingen (1708 - 1749) wurde ein Salzwerk errichtet und - wie im Archiv des Schlosses Büdingen vorliegende Schichtenverzeichnisse belegen - zahlreiche Versuche zur Erschließung höherkonzentrierter Sole vorgenommen.

Die am frühesten beschriebene und den Betrieb der Saline ermöglichende Mineralquelle lag am "Fasanenbau" und zwar 100 Fuß (28,5 m) tief. 1749 wird ihre Fassungs-tiefe bereits mit 182 Fuß (51,9 m) angegeben (HEUSON 1967), wogegen WILLE (1828, S. 148) für den (vermutlich in der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts bestehenden) Brunnen 190 Fuß (54,2 m) Tiefe und

einen "18 Fuß (5,13 m) ins Quadrat ausgezimmerten Soolschacht" angibt. Die Salzkonzentration seines Wassers betrug schwach 1 %. Nach einem Lageplan von 1747 lag in dieser Zeit die Quelfassung in einem Brunnenhaus. Von Bachwasser getriebene "Künste" pumpten das Mineralwasser auf die nahegelegenen Gradierhäuser. Nach Verpachtung der Saline an den Wimpfener Salinendirektor Carl Christian Friedrich GLENCK (HEUSON, Notizen nach Unterlagen des Schloßarchives Büdingen¹⁾; vgl. CARLE 1968; Schreibweise bei WILLE 1828, S. 148: "KLENG"; "GLENK" bei LUDWIG 1857, S. 10) wurde die Quelfassung (vermutlich im 1. Quartal des 19. Jahrhunderts) auf 71,2 m vertieft und in hölzerne 4-Zoll-Rohre gefaßt, wobei in 67,5 m Tiefe eine 1,11 %ige "Quelle" von 13,1° C Temperatur erschlossen wurde. Bei einer weiteren Vertiefung des Bohrloches auf 556 Fuß (158,5 m) stieß man in 490 Fuß (139,7 m) Tiefe auf 4 %iges Salzwasser. Das Bohrloch wurde bis 289 Fuß (82,4 m) Tiefe mit Holzrohren gesichert.

Ein anderer Bohrbrunnen war 1557 "beim Wasserbau", vermutlich im engeren Bereich der Saline gelegen, auf 157 Schuh, 7 Zoll (44,9 m) Tiefe niedergebracht worden und hatte eine "starke Quelle von 4 % Salzgehalt angeschnitten". In allen Berichten werden jedoch keine Angaben über die Konzentration des langjährig evtl. ausfließenden oder gepumpten, zur Salzproduktion genutzten Mineralwassers gegeben. So gibt JOCHHEIM 1858 (S. 93) als Konzentration der "alten Soole" (vor 1834) 2,5 % an (Analyse s. auch b. RASPE 1885, S. 84).

Vermutlich am E Ortsrand von Büdingen ("920 m E der Grossendorfer Steinbrücke" und "2090 m W des Bohrloches am Büdinger Eisenhammer" - LUDWIG 1857, S. 10/11) lag eine 263 m tiefe Untersuchungsbohrung, die GLENCK 1834 durchführen ließ (die Tiefenangabe bei LUDWIG 1857: "363 m" ist vermutlich ein Druckfehler, da v. REINACH diese Angabe korrigiert [1899, S. 527 und auch JOCHHEIM 1858 eine 900 Fuß-Bohrung [ca. 260 m] erwähnt) und nach VON REINACH (1899) unter 10 m Quartär bis 170 m Buntsandstein, bis 196 m Bröckelschiefer und bis zur Endteufe überwiegend kalkige und gipshaltige Gesteine des Zechsteins durchteufte (Schichtenfolge in LUDWIG 1857, S. 10/11 und von REINACH 1899, S. 51/52). Mineralwasser trat hier in 3,5 - 4 %iger Konzentration in 140 m Tiefe sowie in 5,5 %iger Konzentration in 167 m Tiefe auf. Über die Verfüllung dieses Bohrloches liegen keine Angaben vor. Es ist nicht auszuschließen, daß die Bohrung ursächlich mit dem (späteren?) Austritt der Schwefelquelle in Zusammenhang steht.

¹⁾ Für die Überlassung von Unterlagen sei an dieser Stelle Herrn Hans-Velten Heuson, Büdingen, herzlich gedankt.

Die Saline war nach BLÖCHER (1931, S. 64) bis 1821 in Betrieb. Endgültig eingestellt wurde die Nutzung der Solquelle erst im Juli 1834, als das Gradierhaus ausbrannte (HEUSON 1967, s. auch JOCHHEIM 1858, S. 93). 1844 wurde das Brunnenhaus an der Saline abgerissen und mit seinem Schutt der Mineralbrunnen verfüllt. Danach entstanden im Laufe der Zeit mehrere Salzquellen an anderen Stellen. JOCHHEIM vermutet, daß das Mineralwasser der verschütteten Quelle sich neue Ausgänge verschafft habe, wobei sich die Höchstkonzentration durch Vermischung mit Süßwasser erheblich verminderte. Zu seiner Zeit waren 3 gefaßte (2 im fürstlichen Park, 1 außerhalb auf einer städtischen Wiese) und 10 bis 12 (über die ganze Gemarkung verteilte) Quellen in Büdingen bekannt.

Nur kurz erwähnt werden die Mineralquellen bei LUDWIG (1852, S. 44), TASCHE (1858, S. 70), OSANN (1841, S. 819), KOCH (1844, S. 136) und CHELIUS (1905a, S. 98); (s. auch KÖBRICH 1939/1940, S. 361).

Kapellenbrunnen ("Guter Born")

Auf Grund der baulichen Ausführung des Kapellenbrunnens kann angenommen werden, daß seine Fassung bereits in die romanische Entstehungszeit des Schlosses fällt. Nach NIESS (1961) wurden vor der Reformation zum "Guten Born" in der Johannes dem Täufer geweihten Kapelle Wallfahrten unternommen.

Lage: Bl. 5720 Büdingen, Gemeindebezirk Büdingen, R 35 08 62, H 55 72 97, Fassungsoberkante ca. 134 m üNN, NW-Teil des Schlosses, in der Romanischen Kapelle.

Geologische Verhältnisse im Brunnenbereich: Infolge geringer Tiefe erschließt der Brunnen vermutlich ausschließlich Porengrundwasser aus den Sedimenten der quartären Talfüllung. Ein Schichtenverzeichnis ist nicht überliefert.

Fassung: 4,45 m tiefer (gelotet am 31.7.1969), aus wuchtigem Natursteinmauerwerk gearbeiteter, 0,47 m hoch über den Fußboden der Kapelle ragender runder Schachtbrunnen von 1,05 m Außendurchmesser. Er ist mit einem schweren konvexen Sandsteindeckel verschlossen (Innendurchmesser daher nicht meßbar) und weist im Mittelpunkt ein 18 cm weites Schöpfloch auf.

Schüttung: Ohne. Grundwasserspiegel 1,45 m uFl. (am 31.7.1969).

Analyse: 1.10.1953 Chemisches Untersuchungsamt Gießen (mit Differenz in der Ionenbilanz; s. Tab. 15, MV 81).

Charakteristik: Natrium-Calcium-Chlorid-Hydrogenkarbonat-Wasser

Nutzung: Ohne

Schwefelquelle

Bald nach der Zerstörung der Saline und Verfüllung des Solebrunnens am Salinenhof (1834) entdeckte der Direktor des Büdinger Gymnasiums, Dr. Thudichum, eine kohlensäurehaltige Quelle im "Hain" (Schloßpark). Er veranlaßte ihre Fassung und eine chemische Untersuchung durch J. von LIEBIG. In einem Schriftwechsel führt letzterer am 20.7.1846 aus, "daß es (das Mineralwasser) die Bestandteile des Kissinger Mineralwasser enthält, aber es steht diesem im Gehalte bedeutend nach". Er bemerkt später, "daß das Wasser in seinem Gehalt an Kohlensäure den Quellen von Homburg und von Soden gleichkomme, in seinen salinischen Bestandteilen ihnen nachstehe, aber reicher sei als das Schwalheimer Wasser" (HEUSON 1967). Der Mineralgehalt verringerte sich danach jedoch von Jahr zu Jahr.

Lage: Bl. 5720 Büdingen, Gemeindebezirk Büdingen, R 35 08 74, H 55 72 91, Überlauf ca. 134 m üNN, im öffentlich zugänglichen Teil des Schloßparkes, ca. 150 m ESE des Schlosses, am Rande eines sumpfigen Wiesengeländes.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Über die bei der Fassung der Quelle angetroffenen Schichten sind keine Unterlagen überliefert. Vermutlich in geringer Entfernung wurde im Jahre 1834 die oben erwähnte Untersuchungsbohrung niedergebracht, die unter 10 m mächtigem Quartär Schichten des Unteren Buntsandsteins und des Zechsteins erschloß.

Fassung: In den Erdboden eingelassenes, ca. 0,20 m über die Erdoberfläche ragendes, an der Außenseite 8-seitiges Sandsteinrohr von 0,80 m äußerem und 0,20 m innerem Durchmesser. Das Wasser läuft seitlich durch eine kleine Öffnung in einen Graben aus. Das Steinrohr sitzt vermutlich einem in der Zeit zwischen 1834 und 1846 angelegten 20 - 25 Fuß (5,7 - 7,1 m) tiefen holzverkleideten Quellschacht auf (vgl. HEUSON 1967).

Schüttung: 0,08 l/s (am 1.10.1953); 0,05 (am 31.7.1969).

Analyse: 1.10.1953 Chemisches Untersuchungsamt Gießen (s. Tab. 15, MV 82).

Stahlquelle (Lithiumquelle)

Es ist nicht überliefert, ob die Stahlquelle früher bekannt war als die Schwefelquelle (ca. 1834 - 1846). Im Jahre 1872 erstellte LUDWIG ein geologisches Gutachten für den Fürsten Bruno zu Ysenburg und Büdingen, wonach ein Schurf hinter dem Schloß angelegt wurde. In diesem erfolgte bereits nach wenigen Tagen ein Einbruch salzhaltigen Wassers, "daß die Arbeiter unter Zurücklassung ihrer sämtlichen Werkzeuge flüchten mußten, wollten sie nicht Gefahr laufen zu ertrinken. In etwa einer Viertelstunde war der 20 und einige Fuß lange und ungefähr 4 Fuß breite Schacht bis zum Rande gefüllt. Nach Verlauf von mehr als vierzehn Tagen floß die Quelle noch so stark, daß man ein Mühlrad hätte in Betrieb setzen können" (HEUSON 1967, S. 3). Aus der Schilderung ergibt sich, daß der Graben vermutlich tiefer als Menschengröße (ca. 2 m) gewesen sein muß, woraus sich (bei einer Grabenabmessung von ca. 6,3 x 1,1 x 2,0 m) überschlägig eine Schüttung von mindestens 15 l/s für den Wassereinbruch errechnet. Die Quelle wurde später eingedämmt und gefaßt, doch ließ ihr Salzgehalt nach (HEUSON 1967).

Lage: Bl. 5720 Büdingen, Gemeindebezirk Büdingen, R 35 08 78, H 55 72 89, Überlauf ca. 134 m üNN, im öffentlich zugänglichen Teil des Schloßparkes, ca. 200 m ESE des Schlosses, ca. 15 m N des rechten Seemenbach-Ufers.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Von der Erschließung der Quelle sind keine Schichtenverzeichnisse überliefert (vgl. Schwefelquelle).

Fassung: Über die oben angeführten Beschreibungen hinaus sind keine Angaben der Quellfassung bekannt. Das Quellwasser fließt innerhalb eines quadratischen, 0,57 m weiten Betonschachtes aus einem Steinzeugrohr von 0,30 m Durchmesser über und wird teilweise zur Speisung des fürstlichen Schwimmbades, teilweise als frei zugänglicher Überlauf in den 5 m W gelegenen Graben abgeleitet. Der Schacht ist in eine künstlich angelegte Natursteingruppe aus Basalt-Polyedern eingebettet.

Schüttung: 2 l/s (1.10.1953), 1,9 l/s (31.7.1969).

Analysen: Ca. 1846 LIEBIG (erwähnt in HEUSON 1967; ? JOCHHEIM 1858, S.94: "Quelle im fürstl. Park"), ohne Datum und Analytiker (SCHWILLE 1953, S. 322), 1.10.1953 Chemisches Untersuchungsamt Gießen (mit Differenz in der Ionenbilanz, s.Tab. 15, MV 83).

Charakteristik: (Natrium?-) Calcium-Magnesium-Chlorid-Hydrogenkarbonat-Wasser.

Nutzung: Brauchwasser für Privatschwimmbad.

Fischhälterquelle

Das Bohrloch "Fischhälterquelle" wurde 1952 zur Erschließung von Wasser für das Schwimmbad im fürstlichen Park niedergebracht.

Lage: Bl. 5720 Büdingen, Gemeindebezirk Büdingen, R 35 08 66, H 55 72 97, Fassungsoberkante ca. 134 m üNN, ca. 50 m E des Schlosses, auf der W-Seite des Schwimmbades im fürstlichen Privatpark.

Geologische Verhältnisse im Brunnenbereich: Im Bohrloch wurden unter 2,30 m sandigem Ton des Holozäns und 5,50 m lehmigem Kies des Pleistozäns bis zur Endteufe rotbrauner Schieferton (vermutlich) des unteren Buntsandsteins (Bröckelschiefer) angetroffen.

Fassung: Der 19,60 m tiefe Bohrbrunnen ist mit geschlitztem Kupferrohr von 150 mm Durchmesser ausgebaut und bis 13 m u.Gel. abgedichtet. Der Brunnenkopf liegt 0,21 m u.Gel. in einem mit der Erdoberfläche abschließenden, mit Betondeckel und Sandsteinplatte überdeckten Hartbetonrohr von 0,30 m Durchmesser.

Schüttung: Ohne, Ruhewasserspiegel ca. 1,20 m u.Gel.

Analyse: 18.5.1966 Chemisches Laboratorium Fresenius Wiesbaden (s. Tab. 15, MV 80).

Charakteristik: Eisenhaltiges Natrium-Calcium-Chlorid-Hydrogenkarbonat-Wasser.

Nutzung: Brauchwasser für Privatschwimmbad.

Bohrbrunnen am Bahnhof

Bei dem Versuch Süßwasser zu erschließen, wurde 1948 auf dem Gelände der Konservenfabrik der Firma Knorr Mineralwasser angetroffen.

Lage: Bl. 5720, Gemeindebezirk Büdingen, Krs. Büdingen, R 35 07 35, H 55 72 61, Fassungsoberkante ca. 135 m üNN, ca. 70 m NNW des Bahnhofsgebäudes, an der E-Seite des Wohngebäudes Bahnhofstr. 65.

Geologische Verhältnisse im Fassungsbereich: Bis 3,90 m Tiefe lehmige und bis 7,00 m Tiefe sandig-kiesige Schichten des Quartärs (vermutlich Hangschutt). Darunter bis zur Endteufe Wechsellagerung roter und grünlicher Ton- und Sandsteine des Oberen Rotliegenden.

Fassung: 62 m tiefer, mit 300 mm Durchmesser niedergebrachter und mit Eisenrohren von ca. 150 mm Durchmesser verrohrter Bohrbrunnen. Der Brunnenkopf liegt in einem ca. 1 m tiefen und ca. 0,60 x 0,60 m weiten gemauerten Vorschacht.

Schüttung: Ohne. Der Ruhewasserspiegel lag nach Errichtung des Brunnens bei 3,20 m uFl.. Bei einem am 6.9.1948 durchgeführten Pumpversuch wurde bei einer Absenkung um 2,60 m eine Förderleistung von 18 - 22 m³/Std. (5,0 - 6,1 l/s) erreicht.

Analyse: 11.8.1954 Chemisches Laboratorium Fresenius, Wiesbaden (s. Tab. 15, MV 79).

Charakteristik: Natrium-Chlorid-Wasser.

Nutzung: Brauchwasser für Privatschwimmbad.

Quelle am Rundholzplatz

Lage: Bl. 5720 Büdingen, Krs. Büdingen, R 35 07 25, H 55 72 50, Überlauf ca. 131 m üNN, am Rundholzlagerplatz des fürstlichen Sägewerkes Büdingen, ca. 160 m WSW des Büdinger Bahnhofs-Empfangsgebäudes, am N-Rand der Talaue.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Quartäre Schichten der Talfüllung.

Fassung: Die Quelle ist gegen Aufschüttungen in ihrer näheren Umgebung provisorisch durch einen abgedeckten rechteckigen, 1,30 m tiefen und 0,40 x 0,32 m weiten abgedeckten Holzbohlenschacht gesichert. Das Was-

ser quillt von unten aus sandigen Schichten empor und fließt ca. 1,30 m uFl. seitlich durch ein Dränrohr ab.

Schüttung: Im Schacht nicht meß- und nur schwer schätzbar: ca. 1 l/s.

Analyse: 15.3.1966 Chemisches Untersuchungsamt Gießen (technische Kurzanalyse). Hierbei wurde ein Chloridgehalt von 192,0 mg/kg bei 27,9° dGH, 19,6° dKH und 8,3° dNKH festgestellt. Der Abdampfrückstand betrug bei 180° C 777,0 mg/kg, so daß die festen gelösten Bestandteile mit 994 mg/kg errechenbar sind.

In der Nähe der beiden letztgenannten Vorkommen war früher der "Großendorfer Herrgottsbrunnen" als Heilquelle und Wallfahrtsziel bekannt, weshalb es sich vermutlich auch bei ihm um eine Mineralquelle gehandelt haben dürfte. "Von.. (ihm) nehmen namhafte Wissenschaftler auf Grund von Untersuchungen an Bodenfunden an, daß diesem Brunnen in alter Zeit eine Art Quellkult anhaftete. Denn nur so sei es zu erklären, daß die bei diesem Born erbaute Kapelle das sehr seltene Patrozinium 'Herrgottskapelle' erhalten konnte". "Bei der Erbauung der Bahnhofstraße wurde diese Quelle, die nach Mitteilung alter Großendorfer Familien eine bedeutende Rolle im Haushalte und in der häuslichen Hygiene spielte, zugeschüttet" (NIESS 1961).

Im Bereich der früheren Saline am S Ortsrand Büdingens ("Salinenhof") sind heute keine Mineralwasservorkommen mehr bekannt.

Der Nieder-Wöllstadter Sauerbrunnen

Auf der topographischen und der geologischen Karte 1 : 25 000 Bl. 5718 Ilbenstadt (WENZ 1936) ist ca. 2100 m S der Nieder-Wöllstadter Kirche in den Wiesen zwischen Försterwald und Nidda (Gemarkung Schöneiche, bei R 34 83 45, H 55 69 31) ein Sauerbrunnen verzeichnet, über den in der älteren Mineralquellen-Literatur jegliche Hinweise fehlen. Nach WENZ (1936, S. 45) war er mit einer eisernen Pumpe versehen. Nach Unterlagen von Herrn Dr. W. MÜLLER, Bad Nauheim, bestand am 9.8.1938 die Fassung aus senkrecht in den Boden eingelassenen und mit einer eisernen Platte abgedeckten Zementrohren von 0,60 m lichter Weite und 3,17 m Tiefe, worin das Wasser 1,35 m uFl. stand. Auf Grund einer am gleichen Tage durchgeführten Untersuchung wies das Wasser 920 mg/l Chlorid,

1270 mg/l Hydrogenkarbonat, 2630,5 mg/l Trockenrückstand und damit ca. 3265 mg/l feste gelöste Bestandteile auf. Der Gehalt an gelöstem Kohlendioxid betrug bei 14,8° C Wassertemperatur 550 ccm/l (ca. 1100 mg/l, mit dem Schüttelrohr bestimmt).

Die Fassung besteht heute wie 1938 aus einem senkrecht in die Erde eingelassenen Betonrohr von 0,60 m lichter Weite, das jedoch bis 1 m uFl. und damit bis über den Grundwasserspiegel mit Schutt verfüllt ist. In einer am 8.6.1968 unmittelbar neben dem Betonrohr niedergebrachten 2 m tiefen Handbohrung wurde in 1,30 m Tiefe Grundwasser angetroffen, das nach einer orientierenden Analyse 31 mg/l Chlorid und 494 mg/l Hydrogenkarbonat bei 7,18 mval/l Erdalkalien (20,1° dGH) aufwies. Der Kohlendioxid-Gehalt lag unter der Nachweisgrenze des Karat-Schüttelrohres. Ähnlich niedrige chemische Gehalte wurden in zwei ca. 250 NW und SSE niedergebrachten Bohrungen angetroffen (B 436,438). Erhöhte Mineralisation scheint daher heute im oberflächennahen Grundwasser dieses Gebietes nicht mehr vorzuliegen. Es ist zu vermuten, daß die natürlichen Grundwasserverhältnisse in den 60er Jahren durch Regulierung der ca. 250 m SE vorbeifließenden Nidda gestört wurden.

Karben (Selzerbrunnen, Taunusbrunnen, Ludwigsbrunnen, ehem. Kappes-Quelle)

Geologische Verhältnisse: Die Karbener Mineralquellen treten an beiden Flanken der Niddatalaue im Übergangsbereich zwischen Löß- bzw. Lößlehm-überdecktem Aquitan und Auenlehm-überdeckten Kiesen und Sanden des Quartärs aus. Der tiefere Untergrund ist durch eine 103 m tiefe Untersuchungsbohrung bekannt (STEUER 1908, S. 55, WENZ 1936, S. 55). Bei dieser wurde unter 1,70 m mächtiger quartärer Bedeckung bis ca. 50 m Tiefe (= ca. 65 m üNN) vorwiegend Kalksteine und Mergel (Inflataschichten) und bis ca. 73 m Tiefe vorwiegend Feinsande (Cerithienschichten) angetroffen, die ihrerseits bis zur Endteufe von einer sandigen Mergelfolge unterlagert werden. In ca. 80 m Tiefe scheint sich die Obergrenze der liegenden Cyrenenmergel mit Braunkohlenlagen anzudeuten.

Da in den SW gelegenen Bohrbrunnen Nr. 3 und 4 die Feinsande bis ca. 113 m üNN angetroffen wurden (s. unten), müssen die Mineralquellen im unmittelbaren Bereich einer Verwerfung liegen, an deren NW-Flügel die miozänen Schichten um mindestens 55 m abgesunken sind. Sie quert vermutlich mit WSW-ESE-Streichen das rd. 1 km breite Wettertal und biegt

dort in die rheinische Richtung um. N davon kommt es im Bereich einer Talverbreiterung zum Austritt des Ludwigsbrunnens (vgl. WENZ 1936, S.39).

Selzerbrunnen

Die im näheren Umkreis des heutigen Selzerbrunnens zwischen Kloppenheim und Okarben austretenden Mineralquellen und -brunnen sind der benachbarten Bevölkerung in ihrer Besonderheit vermutlich schon seit keltischer Zeit bekannt. Sicher ist es kein Zufall, daß der keltische Ursprung des Ortsnamens "Karben" (Kar=Brunnen) auf einen Brunnen hinweist. 1895 wurde nahe der heutigen Fassung des Selzerbrunnens die Fundamente eines römischen Hauses ausgegraben und neben Scherben und Ziegeln gleichen Alters Krughälse gefunden, deren kropfförmliche Form bei Einschluß einer Lehmkugel einen sicheren Verschuß des Kohlendioxid-haltigen Mineralwassers und damit den Versand über große Entfernung ermöglichte (MARTIN 1926, S. 4). Es ist anzunehmen, daß das Mineralwasser nach den Römern auch von den Alemannen und den sie um das Jahr 400 verdrängenden Franken benutzt wurde. Urkundlich wird der "Sure Burne" erst im Jahre 1331 in Lagerbüchern der Deutschordenskommende Sachsenhausen erwähnt. In der Literatur wird seine Qualität erstmalig von J. GUINThERIUS ANDERNACUS (1565, S. 147), in der deutschen Übersetzung des letztgenannten Werkes durch G. ETSCHENREUTTERUM 1571 (S. 72) und 1581 (S. 418) von TABERNAMONTANUS gerühmt. Im Jahre 1722 entstand auf Anregung des kaiserlichen Burgphysikus J.Ph. Huth in Friedberg im Auftrag des damaligen Burggrafen J. Erwin von Greiffenclau zu Vollrads eine künstlerisch großzügige und kostspielige Neufassung der Mineralquelle, die PITZLER (1724) ausführlich beschrieb: "Über 100 Schritt" von dem bisherigen, nur "8 oder 10 Schuh tiefen" vernachlässigten Quellaustritt wurde unter der Leitung des Salzmeisters Todesco zu Nauheim der in seinem Grundaufbau noch heute bestehende weite Brunnenschacht gegraben und als Mittelpunkt eines im Barock-Stil parkartigen, mit Treppen und Balustraden bildhauerisch sorgfältig gestalteten und mit Platten belegten zweifach gestaffelten Platzes von "über 300 Schuh ins Gevierde" (ca. 85 x 85 m) angelegt (s. Kupferstich in PITZLER 1724). Der von der Quelle abgelagerte Kalksinter verursachte bei den Arbeiten erhebliche Schwierigkeiten: "der Stein, welchen dieser Brunnen generiret, wo er seinen Lauf hinzunehmen pfleget, (ist) dermaßen feste, und in solcher Menge anzutreffen gewesen, daß die Inwohner dessen sich zu ihrem Hausesen bedienen können, und mit Pickeln und Hacken ihm gar wenig anzuhaben gewest, da dann, nachdem end-

lich dieser Stein mit sattsamer Mühe aus dem Weg geräumt, der rechte Ursprung in der Erde mit solcher Gewalt hervorgebrochen, daß 80 Männer zu tun genug gehabt, mit Ausschöpfen und Ableiten des Wassers Platz zu machen, damit man mit dieser Arbeit völlig zu rechte kommen können." Über den Umfang des durch die Neuanlage wahrscheinlich angeregten Versandes liegen keine Unterlagen vor. Nicht zuletzt wegen seiner ansprechenden Fassung fand der Selzerbrunnen in den nachfolgenden Jahren in zahlreichen Schriften, häufiger als die meisten übrigen Mineralquellen der Wetterau, Erwähnung, so bei SCHOPPER (1632), MERIAN /ZEILLER/ (1655), WINKELMANN (1697, S. 79), HOFFMANN (1748), einem anonymen Autor (1748), ZÜCKERT (1768, S. 269), desgleichen bei DIELMANN im "Wetterauischen Geographus" (1747, S. 8. S. 165), der seine Erzählung mit der Schilderung von derben Scherzen bei der jährlichen Brunnenfeier an Pfingsten würzt (s. auch MARTIN 1909, HERRMANN o.J.).

1769 war die Quelle Gegenstand der physikalisch-medizinischen Dissertation von RÜBSAMEN und 1772 einer Schrift von THILENIUS, in welcher der Stadtphysikus dem Friedberger Burgregiment die Errichtung eines Kurhauses vorschlug. Die Idee wurde zunächst aufgenommen, aus unbekannten Gründen jedoch nicht durchgeführt.

Von 1812 an wurde der Brunnen verpachtet und ging 1817 in den Besitz des Großherzogtums Hessen über. Der Mineralwasser-Versand gewann in dieser Zeit an Bedeutung. Erheblich trug hierzu die Schrift von NONNE (1820) bei. Auch in der näheren Umgebung nahm die Quelle an Popularität zu, was sich in zahlreichen lokalen Erzählungen niederschlug (s. HERRMANN o.J.). 1828 wurde in der medizinisch orientierten Schrift von HOFFMANN erstmalig die Bezeichnung "Selzerbrunnen" benutzt. Im gleichen Jahr fand WILLE (1828, S. 153/154) die gut 100 Jahre alte Quellfassung "in Verfall gekommen" vor und erwähnte neben einer Schilderung der chemischen und physikalischen Verhältnisse "benachbarte - aber bedeckte - Quellen", deren Wasser in fünf eisernen Röhren aus SW und S in dem Hauptbrunnen zusammenflossen. Die Schüttung der Quelle betrug 4 - 5 Kubikfuß pro Minute (1,6 - 1,9 l/s). Im Jahre 1847 wurde im Rahmen der Bauarbeiten zur Errichtung der Main-Weser-Bahn ca. 200 m W der Quelle ein Hangeinschnitt vorgenommen, wobei zahlreiche neue Mineralwasseraustritte entstanden (s. Taunusbrunnen), der alte Sauerbrunnen jedoch durch Störung des hydraulischen Systems an Wasser- und Gasmenge beträchtlich abnahm (fast 50 % nach WENZ 1936, S. 36; s. auch LUDWIG 1852, S. 46/47; JOCHHEIM 1858, S. 105/106).

Die Quelle wurde 1856 neu gefaßt und wies eine Schüttung von 1,3 l/s auf. 1863 erwarb sie Freiherr Ludwig von Leonhardi vom Großherzogtum Hessen und verpachtete sie nach 1873 nacheinander an mehrere Unternehmen, bis sie im Jahre 1939 in den Besitz der Fa. Selters-Sprudel Augusta Victoria mbH, Selters/Lahn, überging. Zur Erhöhung der Produktionskapazität wurden nach der Jahrhundertwende in der Nähe der alten Quelfassung 3 Bohrbrunnen angelegt (s. Beschreibung der Fassungen).

Außer in den zitierten Veröffentlichungen wird die Quelle noch in den folgenden, vorwiegend übersichtlichen Abhandlungen erwähnt: (KUEHN 1789, S. 477), SCHEIDEMANDEL (1792, S. 103), WAGNER (1830, S. 104), STUCKE (1831 S. 69), TÜNNERMANN (1832), MÖLLER (1835, S. 30), Anonym (BUSS, 1835), OSANN (1841, S. 817), KOCH (1844, S. 136), LUDWIG (1852, S. 46/47; 1855d, S. 69) TASCHE (1858, S. 73), LERSCH (1860, S. 1363), CHELIUS (1905 a, S. 105), Deutsches Bäderbuch (1907, S. 54/55).

Unter der Bezeichnung S e l z e r b r u n n e n sind heute 1 Quelfassung und 4 Bohrbrunnen bekannt, die unter der Verwaltung der Firma Selzerbrunnen, Groß-Karben, stehen. Sie sind mit den fortlaufenden Zahlen 1 bis 5 gekennzeichnet.

Brunnen 1 (ursprünglicher "Selzerbrunnen")

Lage: Bl. 5718 Ilbenstadt, Gemeindebezirk Karben, Ortsteil Groß-Karben, R 34 82 67, H 55 66 97, Überlauf ca. 110 m üNN, in einer von außen frei zugänglichen Vertiefung, unter dem S-Teil des Abfüllgebäudes der Fa. Selzerbrunnen.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Das Schichtenverzeichnis ist nicht überliefert. Unter geringmächtigen Kalksinter-Ablagerungen (vgl. PITZLER 1724) stehen vermutlich tonige bis kiesige Schichten des Aquitan (Cerithiensichten) an.

Fassung: Brunnen 1 ist ein in rechteckiger Holzverschalung gefaßter Quellaustritt, dessen Gesamtfassungstiefe mit 6 m angegeben wird. Nach einer Ausbauzeichnung sitzt der Quellschacht in 3,20 m Tiefe ab Fassungsoberkante einer Kiesfüllung mit eingelagerten Fundamentsteinen auf und besitzt eine lichte Weite von ca. 3,20 m. Im oberen Teil verengt sich der Schacht auf einen Querschnitt von 1,70 x 1,57 m und trägt als Abschluß ein (vermutlich von der Erstfassung der Quelle im Jahre 1772

stammendes) Rechteck aus behauenen Naturstein. Das Mineralwasser läuft 3,20 m unter dem umgebenden Gelände durch 9 in die Brunnenwandung eingesetzte Rohre (jeweils 3 an 3 Seiten) über und wird durch das Abwassersystem des Betriebes abgeleitet. Zur Mineralwasser- und Kohlendioxidgewinnung wird es über Saugrohre aus dem tieferen Teil der Quelfassung entnommen.

Schüttung: 1,1 l/s (21.8.1953; s. auch KÖBRICH 1939/1940, S. 370)

Analysen: 1768 ZÜCKERT (Teilanalyse; ZÜCKERT 1768, S. 269), 1769 RÜBSAMEN (qualitativ, RÜBSAMEN 1769), 1772 THILENIUS (qualitativ, THILENIUS 1772), ohne Jahr: RINK (NONNE 1820, S. 10; HOFFMANN 1828; WILLE 1828, S. 154; SIMON 1839, S. 220; OSANN 1841, S. 817; KOCH 1844, S. 136; LUDWIG 1852, S. 46; 1855d, S. 69; JOCHHEIM 1858, S. 105), 7.4.1865 FRESENIUS (RASPE 1885, S. 336; WENZ 1936, S. 43), 1907 FRESENIUS (Deutsches Bäderbuch S. 55), 14.11.1913 Großherzoglich chemische Prüfungs-Station f.d.Gewerbe, Darmstadt (unveröffentlicht), 21.8.1953 FRESENIUS (Tab.15, MV 51)

Charakteristik: Calcium-Natrium-Hydrogenkarbonat-Chlorid-Säuerling

Nutzung: Versand, Kohlendioxid-Gewinnung

Brunnen 2

Brunnen 2 wurde gegen Ende des letzten Jahrhunderts angelegt.

Lage: Bl. 5718 Ilbenstadt, Gemeindebezirk Karben, Ortsteil Kloppenheim, R 34 82 47, H 55 66 85, Fassungsoberkante ca. 120 m üNN, unmittelbar E der Bundesbahn-Linie Frankfurt a.M.-Kassel, in einem NE des Kilometersteins 178 an der Böschungsoberkante gelegenen Brunnenhaus.

Geologische Verhältnisse im Brunnenbereich: Das Schichtenverzeichnis ist nicht überliefert. Nach den Verhältnissen im Eisenbahneinschnitt zu schließen, steht der Schacht in Kalksinterablagerungen, wogegen die Vertiefungsbohrung vermutlich in die feinklastischen Sedimente der Cerrithienschichten (Aquitane) reicht.

Fassung: Ca. 5 m tiefer und ca. 3 m weiter Vorschacht, von dessen Sohle ein Bohrloch bis auf ca. 12 m Tiefe niedergebracht wurde. Der Grundwasserspiegel steht im erweiterten Schacht. Bis zur Neufassung des Brunnens „3“ hatte es mit diesem (nach einer Ausbauskitze) über eine bis in das Bohrloch hinabreichende Rohrleitung hydraulische Verbindung. Nach

einer (vermutlich nach 1954 angefertigten) Aktennotiz "arbeitet die Quelle kräftig" (starker Aufstieg von CO_2 -Gasblasen) und weist eine Alkalität von 36 (2200 mg HCO_3^-/kg) und 2,26 g/l gelöstes Kohlendioxid (mit Schüttelrohr festgestellt) auf.

Weitere Unterlagen liegen nicht vor. Die Anlage ist heute ohne Nutzung.

Brunnen 3

Dieser Brunnen wurde 1913 zur Verbesserung der Mineralwassergewinnung erbohrt, weil durch den Ausbau der Bahnlinie die Leistung des Brunnens 2 nachgelassen hatte. Nach Untersuchungen aus dem Jahre 1959 war er 13,3 m tief (im Gegensatz zu einem vorliegenden älteren Schichtenverzeichnis von 22 m) und mittels eines Kupferrohres von 300 mm lichter Weite und eingeführtem Steigrohr von 100 mm lichter Weite gefaßt. Am 30.11.1959 lag der Ruhewasserspiegel bei 2,85 m unter Flur. Im Jahre 1962 brach die Verrohrung infolge Korrosion zusammen, weshalb unmittelbar neben dem alten Bohrloch im gleichen Jahre eine Neubohrung durchgeführt wurde.

Lage: Bl. 5718 Ilbenstadt, Gemeindebezirk Karben, Ortsteil Groß-Karben, R 34 82 55, H 55 66 94, Fassungsoberkante ca. 115 m üNN, zwischen Straße und Bundesbahnlinie Frankfurt a.M. - Kassel im W-Teil des zur Gaststätte "Selzerbrunnen" gehörenden Gartens, ca. 40 m SSW des Hauptgebäudes.

Geologische Verhältnisse im Brunnenbereich: Bei der Neufassung des Brunnens (s. unten) wurde unter dem 3,60 m tiefen bestehenden Schacht eine Wechsellagerung von Ton (insges. 5,20 m), Feinsand (insges. 9,70 m) und Grobkies (insges. 3,50 m) der Cerithiensichten (Aquitane) angetroffen.

Neufassung: 22,00 m tiefer Bohrbrunnen, dessen Bohrlochdurchmesser bis 10,50 m Tiefe 1000 mm, bis 21,10 m 800 mm und 22,00 m 700 mm beträgt. Die Verrohrung besteht aus Kupfer-Filterrohren von 400 mm lichter Weite mit Schlitzbrückenöffnungen von 6,50 m bis 19,50 m Tiefe. Sie umgibt ein kupfernes Steigrohr von 80 mm lichter Weite mit anhängender Unterwasserpumpe. Die Filterrohrtour ist mit einer Quarzfilterkiesschüttung hinterfüllt. In den obersten 6,50 m ist das Bohrloch außerhalb der Verrohrung mit Ton und einer an das Aufsatzrohr anliegenden Betonschicht abgedichtet. Der Brunnenkopf befindet sich in einer 2 m tiefen überdeckten Grube, dessen Sohle mit einer Stahlbetonschicht versehen ist.

Bei Fertigstellung befand sich der Grundwasserspiegel bei 3,30 m unter Flur.

Leistung: Bei einem im Jan./Febr. 1963 durchgeführten 202,5-stündigem Pumpversuch trat bei Förderung von 14,4 m³/h (4 l/s) Absenkung auf 15,15 m u.Fl. ein.

Analysen: 9.9.1913 Großherzoglich chemisches Prüfungsamt Darmstadt (unveröffentlicht).

21.6.1966: Staatlich Chemisches Untersuchungsamt Gießen (Tab. 15, MV 52).

Charakteristik: Calcium-Natrium-Hydrogenkarbonat-Chlorid-Säuerling

Nutzung: z.Z. ohne

Brunnen 4

Im Jahre 1940 wurde bei der Suche nach Betriebs-Süßwasser von einem Wünschelrutengänger der Bohrpunkt festgesetzt, das Bohrloch auf 33,36 m Tiefe niedergebracht und mit einer Verrohrung von 150 mm lichter Weite (an einer Verengung 120 mm lichte Weite) versehen. Das angetroffene Wasser wies jedoch 2466 mg/kg Andampfrückstand auf. Im Jahre 1962 wurde das Bohrloch zur Mineralwassergewinnung auf 40,30 m vertieft.

Lage: Bl. 5718 Ilbenstadt, Gemeindebezirk Karben, Ortsteil Groß-Karben, R 34 82 70, H 55 66 96, Fassungsoberkante ca. 113 m üNN, ca. 50 m NE der Betriebseinfahrt der Fa. Selzerbrunnen, an der Grenze zwischen Betriebshof und Garten des Verwalter-Gebäudes.

Geologische Verhältnisse im Brunnenbereich: Im Bohrloch wurden unter 2,50 m mächtigem quartärem Schutt und Lehm eine Wechselfolge angetroffen, die bis 15,95 m überwiegend aus Ton ("Letten"), bis 23,70 m aus Kalkstein und bis 43,30 m überwiegend aus Feinsand besteht (Cerithien-schichten, Aquitan).

Fassung: 43,30 m tiefer Bohrbrunnen, dessen Bohrlochweite von 1000 mm im oberen Teil auf 600 mm im unteren Teil abnimmt. Wegen der wechselnden Ausbildung der im Untergrund angetroffenen Schichten ist das eingebaute Kupferrohr mit 250 mm Nennweite nur in der Tiefe von 15,00 m - 27,30 m, von 29,3 m - 35,3 m und von 37,3 m - 40,30 m mit Schlitzbrücken versehen. Im umgebenden Sediment ist es mittels dreier abgestufter

Filterkies-Schüttungen (4-6 mm, 1-3 mm, 0,5-1,5 mm) eingebettet und von 2,10 m - 6,10 m Tiefe mit Beton abgedichtet. Der Brunnenkopf liegt in einem 2,10 m tiefen und 1,50 m weiten überdeckten Vorschacht. Bei Abschluß der Fassung lag der Ruhewasserspiegel bei 3,00 m unter Flur. Die Leistung des Brunnens beträgt etwa 16 m³/h (ca. 4,4 l/s).

Analyse: "Alter Brunnen": 21.9.1940 Hess.Chem.Untersuchungsamt Gießen (s.Tab. 15, MV 53). "Neuer Brunnen": Analyse liegt nicht vor.

Charakteristik: Natrium-Calcium-Magnesium-Hydrogenkarbonat-Chlorid-Wasser (Säuerling ?).

Nutzung: Mineralwasser-Versand, Kohlensäure-Gewinnung

Brunnen 5

Dieser Brunnen war ebenfalls zunächst zur Süßwassergewinnung vorgesehen. Bei der Niederbringung im Jahre 1962 wurde jedoch Mineralwasser angetroffen.

Lage: Bl. 5718 Ilbenstadt, Gemeindebezirk Karben, Ortsteil Groß-Karben, R 34 82 74, H 55 66 99, Fassungsoberkante ca. 113 m üNN, am NE-Rand des Betriebsgeländes der Fa.Selzerbrunnen, ca. 100 m NE der Betriebseinfahrt und 13 m NW der Straße zur Dögelmühle.

Geologische Verhältnisse im Brunnenbereich: Im Bohrloch wurden bis 3,80 m Tiefe sandiger Ton (Holozän) und bis 6,00 m Tiefe Mittel- bis Grobkies (Aquitän oder Pleistozän) angetroffen.

Fassung: 6,00 m tiefer Bohrbrunnen mit 1250 mm weitem Bohrloch. Als Fassung dienen von 3,80 m - 6,00 m Tiefe Steinzeugfilterrohre von 600 mm lichter Weite, denen Steinzeugaufsatzrohre gleicher Nennweite aufsitzen. Sie sind im Bohrloch mittels doppelter Filterkiesschüttung (8-12 mm, 3-8 mm) eingebettet. Die Abdichtung zum 0,80 m tiefen Vorschacht geschieht mittels Tonabdichtung gegen ein dem obersten Steinzeugrohr aufsitzenden Sperrohr, das seinerseits über Betonabdichtung mit dem umgebenden Sediment verbunden ist.

Leistung: Bei einem im April 1967 durchgeführten 2-tägigen Pumpversuch betrug die Förderleistung 12 m³/h (3,6 l/s). Mit der ca. 200 m E vorbeifließenden Nidda steht der Brunnen in hydraulischer Verbindung, weshalb

die Brunnenleistung infolge der Flußregulierung am Ende der 60er Jahre zurückgegangen ist.

Analyse: Von dem Mineralwasser liegt nur eine orientierende Analyse des Chemischen Laboratoriums FRESSENIUS, Wiesbaden, vor. Nach dieser wies das Wasser am 15.12.1962 bei 11,2° C Temperatur einen Abdampfdruckstand von 2431 mg/kg, 1751 mg/kg Hydrogenkarbonat und 1493 mg/kg gelöstes Kohlendioxid auf.

Außer den beschriebenen, mindestens zeitweise genutzten Mineralquellen und -brunnen waren in den Jahren 1907/1908 und 1912 mehrere Versuchsbohrungen niedergebracht worden, die jedoch mangels Erfolg wieder verfüllt wurden. Die Schichtenverzeichnisse (außer Bg. 2) liegen bei der Fa. Selzerbrunnen vor:

"Tiefe Bohrung" ("Neue Quelle"), 1907/1908 niedergebracht, Lagepunkt (nach einer Skizze) ca. 110 m N des Selzerbrunnens (Brunnen 1), am N-Rand des zum Betriebsgeländes gehörenden Gartens, Tiefe: 84 m.

Bei STEUER 1908, S.55 ff, und WENZ 1936, S.55-57, ist dagegen ein Schichtenverzeichnis der gleichen Bohrung über 103,00 m Tiefe wiedergegeben. Das angetroffene Mineralwasser enthielt nach einer Analyse der Großherzoglichen Prüfungsstation für die Gewerbe vom 12.7.1907 1164 mg/l feste gelöste Bestandteile und 221,6 mg/l gelöstes Kohlendioxid.

Bohrung 1 (7.10.-24.10.1912) "auf dem Gauß'schen Kleeacker zwischen der heutigen Quelle 2 und 3", bei ca. R 34 82 55, H 55 66 90, Tiefe 41,60 m. Es wurde Mineralwasser angetroffen.

Bohrung 2 1912 im NW-Teil des Betriebsgeländes (nach Skizze) der Fa. Selzerbrunnen bei ca. R 34 82 57, H 55 67 00. Keine Angabe über Tiefe und Grundwasser.

Bohrung 3 (11.11.1912-15.11.1912) "hinter dem Gebäude des Selzerbrunnens", NE-Seite des Betriebsgeländes bei ca. R 34 82 68, H 55 67 04, Tiefe 13,60 m. Es wurde Mineralwasser angetroffen.

Bohrung 4 (19.11.1912-23.11.1912) "an der Mauer zum Laurenz'schen Hausgarten". Im NE-Teil des Betriebsgeländes bei ca. R 34 82 72, H 55 67 00. Tiefe 18,40 m. Es wurde Mineralwasser angetroffen.

Taunusbrunnen

Bei der Errichtung der Main-Weser-Bahn wurde im Jahre 1847 von einem Punkt ca. 250 m WNW des Selzerbrunnens in südlicher Richtung auf rund 500 m Länge ein Bahneinschnitt angelegt, wobei mehrere Mineralquellen zutage traten (LUDWIG 1855d, S. 70; LERSCH 1860, S. 1363). Im Jahre 1872 wurde dann einer dieser Austritte von G.H.O. VOLGER als "Taunusbrunnen" erschlossen (WENZ 1936, S. 43). Bis zum Jahre 1965 wurde das Mineralwasser von einem gewerblichen Betrieb abgefüllt und zum Versand gebracht.

Über den heutigen Zustand der Quelle macht der derzeitige Eigentümer der Fa. "Taunusbrunnen" keine technischen Angaben.

Lage: Bl. 5718 Ilbenstadt, Gemeindebezirk Karben, Ortsteil Kloppenheim, (ungefähr) R 34 82 46, H 55 66 83, Fassungsoberkante ca. 120 m üNN, ca. 450 m N des Bahnhofs Karben, im Keller eines Abfüllgebäudes der Fa. "Taunusbrunnen".

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Bei der Quellfassung wurden unter vermutlich rd. 5 m mächtigen Kalksinterablagerungen (im Bahneinschnitt anstehend) die Feinsande der Ceristienschichten erschlossen.

Fassung: Nach WENZ (1936, S. 44) liegt die Brunnenstube 13 m unter dem umgebenden Gelände. Die Quellfassung weist eine Schachtweite von 2 m und eine Tiefe von 6 m auf.

Schüttung: 0,43 l/s (im Jahre 1873, nach FRESENIUS 1874, zit. i. Deutschen Bäderbuch 1907, S. 56; 0,83 l/s im Jahre 1900 nach KÖBRICH 1939/1940, S. 371; 1,8 l/s im Jahre 1936 nach WENZ 1936, S. 44; möglicherweise ist bei den letztgenannten Messungen die Schüttung der unten beschriebenen Quelle im Bahneinschnitt miteinbezogen).

Analysen: 1873 FRESENIUS (FRESENIUS 1874, WENZ 1936, S. 44; s. Tab. 15, MV 54).

Charakteristik: Calcium-Natrium-Hydrogenkarbonat-Chlorid-Säuerling

Nutzung: z.Z. ohne, früher Mineralwasser-Versand

Ein zweiter im Besitz der Deutschen Bundesbahn befindlicher Brunnen liegt im Bahneinschnitt:

Lage: Bl.5718 Ilbenstadt, Gemeindebezirk Karben, Ortsteil Kloppenheim, R 34 82 43, H 55 66 78, Fassungsoberkante ca. 115 m üNN, ca. 400 m N des Bahnhofs Karben, ca. 55 m S des Bahnkilometers 178, ca. 4 m W des W-Gleises, am Fuße der Bahneinschnitts-Böschung.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Die Quellfassung steht vermutlich in Feinsanden der Cerithienschichten (Aquitane) (vgl. WENZ 1936, S.36).

Fassung: Mittels Betonringen gefaßter Schacht von 1,50 m Durchmesser, der mit einem zweiflügeligen Schachtdeckel abgedeckt ist. Wegen eines in 1,80 m Tiefe unter dem Schachtdeckel eingesetzten Eisenblechs, das den Betonring zur Tiefe hin dicht abschließt, sind z.Z. weitere Einzelheiten nicht feststellbar. Das Mineralwasser wird durch Rohrleitungen unter den Bundesbahngleisen hindurch zu den Betriebsgebäuden des "Tausbrunnens" geleitet.

Über Schüttung und chemische Verhältnisse liegen keine Unterlagen vor.

Ludwigsbrunnen

Auf Grund von Krugscherben-Funden (MARTIN 1926, S.4) ist anzunehmen, daß dieser Sauerling bereits zu römischer Zeit genutzt wurde. Im Jahre 1565 (S.147) wurde er erstmals von GUINThERUS ANDERNACUS und in der deutschen Übersetzung des Werkes von GALLUS ETSCHENREUTTERUS (1571, S. 72) als "fürtrefflicher Sauerbrunnen" genannt. Auch von TABERNAEMONTANUS (1584, S.419) wurde der "Ocarbener Sauerbrunnen" als "guter Sauerbrunnen" gelobt. Trotzdem erwähnte ihn in den fast 200 folgenden Jahren nur WINKELMANN (1697, S.79), und der Wetterauische Geographus (1746, S.312) kurz, was auf die Nutzungsmöglichkeit und Berühmtheit des nahegelegenen Selzerbrunnens zurückzuführen ist. THILENIUS (1772) suchte ihn daher noch nicht einmal auf. Er untersuchte jedoch eine zugesandte Probe, deren Qualität er geringer beurteilte als das Wasser des Selzerbrunnens. Noch 1828 war die Quelle einfach in einem 7,66 Fuß (2,18 m) tiefen und 4 Fuß (1,10 m) weiten quadratischen Schacht gefaßt und wurde

nur von den Einwohnern der nahegelegenen Orte zum Trunk geholt (WILLE 1828, S.152/153). Die Quelle schüttete ca. 0,1 l/s eines 0,709 % salzhaltigen und 11,2°C warmen Wassers. Außerhalb der Wetterau wurde die Qualität des Wassers erst durch die ausführliche Beschreibung von TÜN-
NERMANN (1832, 1836, s. auch Anonym - "KOPP & TÜNNERMANN" 1836) und die durch ihn ausgeführte erste Analyse bekannt. Die Tiefe des holzge-
zimmerten Schachtes gab Tünnermann mit 9 Fuß (2,58 m) an. Die Nutzung der Quelle übertrug die Gemeinde Groß-Karben Herrn Wilhelm Leisler aus Hanau, der den Namen "Ludwigsbrunnen" einführte. Nach einer im Jahre 1835 durchgeführten Neufassung, bei der man den Schacht auf 10 Fuß (2,85 m) vertiefte (TASCHE 1858, S.70), führte OSANN (1836) bereits eine wei-
tere Analyse aus. 1841 wird von einem Versand des Mineralwassers be-
richtet (OSANN 1841, S.815), der 1858 bis zu 300 000 Krüge jährlich er-
reichte (JOCHHEIM 1858, S.102). Wie schon OSANN und TÜNNERMANN wies JOCHHEIM (1858) ausführlich auf die Besonderheit des im Mineralwasser fehlenden Eisens, den hohen Kohlensäuregehalt bei fester Bindung dessel-
ben an Wasser, den geringen Schwefelwasserstoffgehalt und zur balneolo-
gischen Wirksamkeit des Wassers auf ärztliche Gutachten von HUFELAND, KOPP (in Anonym 1836, s.oben) und STIEBEL (v.RITGENs Med.-Wesen 2, S. 446) hin. Nach der Übernahme der Quelle durch den Besitzer des Selzer-
brunnens, Freiherr von Leonhardi, im Jahre 1872 wurde der Ludwigsbrunnen erneut gefaßt (Prospekt d.Fa. Laurenze & Co., Anonym ohne Datum, ca. 1898). Nach Unterlagen der Fa. Selzerbrunnen, Groß-Karben, wurde hier-
bei innerhalb eines 1,40 x 1,30 m weiten und 2,20 m tiefen hölzernen Innenschachtes ein 0,90 m weiter quadratischer Innenschacht eingebaut und gegen den Außenschacht mittels einer Tonfüllung abgedichtet. Der Hauptwasserzutritt am Grunde des Schachtes wurde in einem seitlich ab-
zweigenden, ca. 1 m langen Stollen gefaßt. Der Überlauf erfolgte über ein Kupferrohr. Das Wasser der Quelle wies danach bei einer Gesamtschüt-
tung von 0,14 l/s nach der chemischen Analyse von HALLWACHS 5,9 g/l feste gelöste Bestandteile und 1,3 g/l gelöstes Kohlendioxid auf. Der Quellschacht wurde im Jahre 1932 durch die noch heute bestehende Fassung ersetzt. Bis zum Beginn des ersten Weltkrieges wurde das Wasser zum Versand abgefüllt.

Außer der bereits angegebenen Literatur wird die Quelle kurz bei WAG-
NER 1830, S.104; SIMON 1839, S.146/157; LUDWIG 1852, S.47, 1855a, S.70; LERSCH 1860, S.163, und im Deutschen Bäderbuch 1907, S.55/56, erwähnt. Eine umfassende Beschreibung gibt MARTIN (1909).

Lage: Bl. 5718, Ilbenstadt, Gemeindebezirk Karben, Ortsteil Groß-Karben, R 34 84 05, H 55 68 11, Überlauf ca. 117 m üNN, ca. 1200 m NNE des Schlosses an der Landstraße von Groß-Karben nach Burggräfenrode am Hangfuß der östlichen Niddatalaue.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Die Quelle liegt im Bereich einer N-S-streichenden Verwerfung an der die den östlich gelegenen Hang bildenden Cerithienschichten zur Talmitte hin abgesunken sind (WENZ 1936, S.39). Das aus der Tiefe aufsteigende Mineralwasser kommt vermutlich durch Vermischung mit aus höheren Lagen hinzutretendem Süßwasser an der Grenze zur schlecht wasserwegsamem Talfüllung (holozäner Auenlehm) zum Überlauf.

Fassung: (Angaben nach einer Ausbauzeichnung der Fa.Selzerbrunnen, Maße z.T. nach Zeichnung errechnet) 2,80 m unter Flur tiefer und im unteren Teil 2,46 x 2,60 m weiter rechteckiger Schacht, dessen betongemauerte Wandung 0,65 m über die Erdoberfläche hinausragt und im unteren Teil 0,40 m, im obersten Meter 0,20 m dick ist. Gegen die umgebenden Sedimente ist er mit Lehm, teilweise mit Beton abgedichtet. Im untersten Teil des Schachtes zweigt zur Fassung eines seitlichen Quellzuflusses ein 1,3 m langer, in Klinkern gemauerter und mit Zementplatten abgedeckter Stollen ab (ohne Richtungsangabe). Die Schachtsohle wurde mit einer 1 m mächtigen Kiesschüttung mit Betonabdeckung versehen, die Abdichtung mit 10 mm Bitumenauflage und weiteren 8 cm Betonauflage erreicht.

Das Mineralwasser steigt durch einen einbetonierten Kupfertrichter und ein aufsitzendes 0,5-Zoll Kupferrohr in ein in Höhe des Brunnenrandes gelegenes Schauglas und fließt ca. 0,15 m unter dem Brunnenrand durch ein Überlaufrohr nach außen. Es kann hier in einer über Treppenstufen zugänglichen Vertiefung von Hand abgefüllt werden.

Der gesamte Quellschacht ist mit Holzbohlen abgedeckt.

Schüttung: 0,14 l/s (am 21.8.1853)

Analysen: 1772 THILENIUS (qualitativ, THILENIUS 1772, S.39). 1830 TUNNERMANN (TUNNERMANN 1832, 1839; "Einführung eines neuen eisenfreien Mineralwassers ..." 1836; "Nachrichten von dem Ludwigsbrunner Mineralwasser ..." ca. 1836, S.6; VETTER 1838, S.289; SIMON 1839, S.146;

OSANN 1841, S. 815; JOCHHEIM 1858, S.99; LERSCH 1860, S.1363; SPEYER o.J.); 1836 OSANN (OSANN 1836, S.638; 1841, S.815; KOCH 1844, S.134); LUDWIG 1852, S.47; 1855a, S.71; JOCHHEIM 1858, S.100; LERSCH 1860, S. 1363; RASPE 1885; CHELIUS 1905a, S.105), ohne Datum (ca. 1872/1898) HALLWACHS (Prospekt d.Fa. Laurenze & Co., ohne Jahr - ca. 1898; Deutsches Bäderbuch 1907, S.55; WENZ 1936, S.45),
15.1.1914 Großherzoglich Chemische Prüfungsstation für die Gewerbe (unveröffentlicht),
26.2.1930 Chemisches Untersuchungsamt der Provinz Oberhessen (unveröffentlicht),
21.8.1953 FRESSENIUS (s.Tab. 15, MV 55).

Charakteristik: Natrium-Calcium-Hydrogenkarbonat-Chlorid-Säuerling.

Nutzung: z.Z. ohne.

Die Kappes- (Bismarck-) Quelle

Ca. 100 m W des Ludwigsbrunnens befand sich früher eine weitere Mineralquelle, die (nach Unterlagen der Fa.Selzerbrunnen, Groß-Karben) im Jahre 1886 gegraben und von einem Abfüllbetrieb genutzt wurde. Während der 90er Jahre stellte sie für den Ludwigsbrunnen eine starke Konkurrenz dar, weshalb sie im Jahre 1913 von der Fa.Selzerbrunnen (Frhr.Dr.v.Leonhardi) gekauft und zugeschüttet wurde.

Analyse: 1900 POPP & BECKER (Deutsches Bäderbuch, 1907, S.56)

Nach dieser betrogen:

Wassertemperatur: 9,6°C

Feste gelöste Bestandteile: 5590 mg/kg

Gelöstes Kohlendioxid: 1014 mg/kg

Über Schüttungsmessungen liegen keine Angaben vor.

Massenheimer Sauerling

Obwohl der Massenheimer Sauerling von der Bevölkerung oft "Römerbrunnen" genannt wird, liegen über eine Nutzung der Quelle in derartig früher Zeit keine Beweise vor (GIEGERICH 1969, S.415). Bei der wohl über hundert Jahre alten Quellfassung ist es jedoch verwunderlich, daß die Quelle in der gesamten Mineralquellen-Literatur der Wetterau unerwähnt blieb, so daß selbst KÖBRICH (1939/1940) sie in seiner ausführlichen Berechnung der Mineralstoffmengen der Mineralquellen in Oberhessen ausläßt. Erst die Geologische Karte von Preußen, Bl. Frankfurt/Main - Ost-Offenbach (MICHELS, WENZ, ZÖLLER 1930) macht auf die Quelle aufmerksam. In der zugehörigen Erläuterung wird kurz auf die geschmackliche Eigenart des Wassers hingewiesen.

Lage: Bl. 5818 Frankfurt a.M.-Ost, Gemeindebezirk Massenheim, R 34 80 00, H 55 61 98, Überlauf ca. 112 m üNN, im Talgrund ca. 400 m NW der Massenheimer Kirche, ca. 15 m W des Erlenbaches.

Geologische Verhältnisse im Quellbereich: Die Quellfassung steht im lehmig-kiesigen Talauensedimenten. Die benachbarten Talflanken werden von lößüberdeckten Terrassenkiesen gebildet (MICHELS 1930), unter denen vermutlich in geringer Tiefe die Schichten des Tertiärs anstehen. Tektonische Zerrüttung und damit begünstigte Aufstiegsmöglichkeit für Mineralwasser deutet sich im geradlinigen N-S-Verlauf des Erlenbachtales an. Eine Verwerfung kann jedoch erst 2 km S am Hang des Heilsberges nachgewiesen werden, wo Inflataschichten (Aquitane) der W-Scholle gegenüber Cyrenenmergeln (Ober-Oligozän) der E-Scholle abgesunken sind.

Fassung: Innerhalb einer ca. 3,50 m weiten und 1,20 m tiefen, über Stufen zugänglichen Vertiefung ist die Quelle in einem aus Natursteinen gearbeiteten Schacht von 1,00 m lichter Weite und 2,25 m Tiefe (entspr. 3,10 m unter Flur) gefaßt. Das Mineralwasser fließt durch eine Öffnung in Höhe der Vertiefungssohle über und wird mittels eines Grabens zum nahen Erlenbach hin abgeleitet. Innerhalb des Schachtes ist sowohl aus der kiesbedeckten Sohle als auch aus den Mauerfugen unregelmäßig aufperlender Gasaufstieg zu beobachten.

Der Schachtrand ragt 0,35 m über die Sohle der Vertiefung hinaus und trägt umlaufend eine durch Beschädigung lückenhafte (s.Fragezeichen) und schwer leserlich gewordene Inschrift aus eingemeißelten römischen Buchstaben (?ERR N C?LAVS SCLMIYCENGRAF CONRAD SCHMI?CON?TANT SCH... OSTERIT?).

Schüttung: ca. 0,5 l/s (am 11.6.1969)

Analyse: 11.6.1969 Hlfb, THIELICKE (s.Tab. 15, MV 61)

Charakteristik: Calcium-Natrium-Hydrogenkarbonat-Chlorid-Wasser

Bad Vilbel

Durch Bad Vilbel verläuft die östliche Randverwerfung der nördlichen Oberrheingraben-Verlängerung. Im östlichen Ortsbereich treten daher Schichten des Rotliegenden an der Erdoberfläche bzw. unter geringmächtigen quartären und tertiären Ablagerungen auf, wogegen sie im westlichen Teil des Ortes um ca. 200 m abgesunken sind. An der Erdoberfläche stehen dort unter den weit verbreiteten geringmächtigen quartären Deckschichten ausschließlich Gesteine des Oligozäns und Miozäns an (MICHELS 1930).

Vermutlich bedingt durch Zerrüttungszonen im Randbereich des Bad Vilbeler Rotliegend-Horstes und durch die Verringerung des Abflußquerschnittes und Stau an den wenig wasserdurchlässigen Tertiärschichten, dringt in der Ortslage Mineralwasser auf Klüften empor und tritt in die Porengrundwasserleiter der Talaue über.

Bereits TABERNAEMONTANUS (1584, S.421) berichtet von einer Vilbeler Mineralquelle, die zwar "nicht so gut und anmutig zutrinken wie die nechst erzehlten" (anderen Mineralwässer der Wetterau), da sich ihre Qualität mit dem Wasserstand der Nidda änderte, doch wurde schon zu seiner Zeit das Wasser bis nach Frankfurt verkauft. Die Verhältnisse blieben bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts nahezu gleich (WILLE 1828, S.154; LUDWIG 1852, S.46). Nach JOCHHEIM (1858, S.96 ff) gingen mehrere Quellen durch Baumaßnahmen am Bett der Nidda ein. Zu seiner Zeit bestand noch ein 36 Fuß tiefer (10,20 m) Schachtbrunnen, dessen Wasser 1041 mg/l feste gelöste Bestandteile aufwies (aus der Salztabelle errechnet - Angaben in Gran/16 Unzen) und immer noch stark vom Wasserstand der Nidda beeinflusst wurde.

In der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde die Mineralwasserentnahme im Rahmen der Ausweitung des Mineralwasserversandes erhöht und dazu weitere Brunnen niedergebracht. Sie fand einen Höhepunkt in der Erbohrung des Victoria-Melita-Sprudels ("Brod'scher Sprudel", 76 m tief) der, ähnlich den Bad Nauheimer Sprudeln, aus eigener Kraft 12 m über die Erdoberfläche hinaussprang (FRESENIUS 1901). Auf Grund des Nachweises des balneologischen Wertes dieses Wassers wurde Vilbel als Badeort amtlich anerkannt (ausführliche historische Übersicht s. GIEGERICH 1969).

Durch Neuanlage von Bohrbrunnen und Vertiefung vorhandener Brunnen wurde im Laufe der Zeit die Entnahme mineralisierten Grundwassers gesteigert. Der Victoria-Melita-Sprudel ließ vom Jahre 1929 an nach und versiegte im Jahre 1935 endgültig.

In Bad Vilbel sind heute zu beiden Seiten einer SSW-NNE verlaufenden Linie zwischen den Punkten R 34 81 20, H 55 60 13 und R 34 82 09, H 55 60 13 auf ca. 2 km Erstreckung 29 Bohrbrunnen mit Tiefen zwischen 2,85 m und 322,85 m bekannt, die von rd. 20 Mineralwasserbetrieben genutzt werden. Hinzuzurechnen sind die im benachbarten Gemeindebezirk Gronau liegenden Bohrbrunnen Friedrich-Karl-Sprudel und Gronaris-Sprudel.

Wegen der starken Entnahme auf engem Raum ist die natürliche Hydraulik und der Chemismus des Mineralwassers innerhalb der Ortslage von Bad Vilbel erheblich gestört.

In der vorliegenden Abhandlung wird mit Rücksicht auf die unternehmerischen Interessen der oft dicht benachbarten Mineralwasser-Firmen auf eine Beschreibung technischer Einzelheiten verzichtet.

Als Beispiele des auftretenden Mineralwassers sind in Tab. 15 die Analysen der beiden aus größter Tiefe entnommenen und am höchsten mineralisierten Mineralwässer, des Hassia-Sprudels (MV 60) und des Friedrich-Karl-Sprudels (MV 59), wiedergegeben. Sie sind beide als eisenhaltige Natrium-Calcium-Hydrogenkarbonat-Chlorid-Säuerlinge zu charakterisieren und werden sowohl für den Kurbetrieb als auch zum Mineralwasser-Versand und zur Kohlendioxid-Gewinnung genutzt.

5.3.1.2. Neue Vorkommen von Mineralwasser und mineralwasser-beeinflußtem Süßwasser (Flach- und Tiefbohrungen; erstmalig untersuchte Quellen).

Neben den vorstehend beschriebenen und ausführlich chemisch untersuchten Mineralquellen und -brunnen wurde an zahlreichen anderen Örtlichkeiten, besonders in Wassererschließungsbohrungen, Mineralwasser oder Mineralwassereinfluß in süßem Grundwasser festgestellt (zur Abgrenzung Süßwasser - mineralwasserbeeinflußtes Süßwasser s. Abschn. 5.2.). Sowohl bei solchen tieferen Bohrungen als auch bei den vom Verfasser durchgeführten Quellwasseruntersuchungen (vgl. Abschn. 5.2.) wurde Mineralwassereinfluß ausschließlich in verhältnismäßig tief gelegenen Randbereichen der Haupttal-Auen festgestellt. Neben salzhaltigen Grundwasserausstritten im Umkreis schon früher bekannt gewordener Salzsümpfe (Münzenberg-Ober-Hörgerner Salzwiesen, Steinfurth-Wisselsheimer Salzwiesen, Ober-Widdersheim-Schwalheimer Salzwiesen) und Mineralquellen (Q 77 und 81) wurden bisher unbekannte Quellen mit chloridisch erhöhtem Mineralgehalt nur bei Rockenberg (Q 24, Q 25, Q 127), Oppershofen (Q 27) und Steinfurth (Q 33) festgestellt. Die geringe Anzahl solcher Quellen ist weniger auf das Fehlen mineralisierten Grundwassers als vielmehr auf die geringe Anzahl von Quellen überhaupt zurückzuführen. Im Bereich der Talauen selbst treten Quellen nur in wenigen Fällen auf, was auf die geringe Wasserwegsamkeit der vorwiegend tonig-schluffigen Talsedimente zurückzuführen ist. Aus höheren Lagen vordringende Grundwässer laufen am Talrand als Stauquellen über. Mineralisiertes Talgrundwasser fließt auf großen Talstrecken in langsamer Bewegung unterirdisch dem Vorfluter zu, ohne sich oberirdisch bemerkbar zu machen.

Der Nachweis dieser Vorgänge wurde v.Verf. mittels Grundwasseranalysen aus mehr als 400 Handbohrungen erbracht, die im Abstand von jeweils maximal 250 m vorwiegend in den folgenden 3 Gebieten durchgeführt wurden: Im Wettertal zwischen Muschenheim und Ossenheim (rd. 26 km Tallänge), im Horlofftal zwischen Trais-Horloff und der Horloffmündung in die Nidda (rd. 13 km Tallänge) und im Nidda-Tal zwischen Ober-Mockstadt und Assenheim (rd. 11 km Tallänge). Kleinere Profiluntersuchungen wurden im Fauerbachtal unterhalb Fauerbach v.d.H., im Niddatal zwischen Ludwigsbrunnen und dem ehemaligen Wöllstädter Sauerbrunnen sowie im Niddertal

zwischen Ortenberg und Selters durchgeführt. An zahlreichen Stellen höherer Mineralwasserkonzentration wurde die seitliche Entwicklung des Grundwasservorkommens durch engerständig abgebohrte Querprofile ermittelt. Als Beispiel einer genaueren Grundwasser- und Mineralwasserkartierung wurde die rd. 900 m lange und rd. 200 m breite Fläche der Talaue zwischen Steinfurther Sauerbrunnen und Selzerbrunnen in 50 bis 70 m großen Abständen flächenhaft untersucht (SCHARPFF 1970 a).

Alle diese aus Handbohrungen gewonnenen Werte stellen die Hauptunterlage für die nachstehend vom Oberlauf zum Unterlauf der Gewässer beschriebenen Grundwasserverhältnisse dar (s. auch Abb. 5 - 16 und Tab. 18). Zusätzlich wurden Analysenergebnisse der in diesem Bereich liegenden Wassergewinnungsanlagen, Brunnen- und Grundwasserbeobachtungsbohrungen verwandt.

5.3.1.2.1. Wettertal (vgl. Abb. 7 - 11)

Das nördlichste bisher in der Wetterau festgestellte Mineralwasser wurde vom Verf. im Gemeindebezirk Trais-Münzenberg in Bg. 90 nachgewiesen. Es enthielt 763 mg/l Chlorid und 644 mg/l Hydrogenkarbonat bei 44,5° d Gesamthärte.

Ca. 850 m S stieß im Jahre 1955 eine Brunnenbohrung für die Gemeinde Trais-Münzenberg bei R 34 85 59, H 55 92 23 in 55 m Tiefe auf Mineralwasser mit 1180 mg/l Chlorid und 79,2 mg/l gelöstem Kohlendioxid, wobei die Gesamthärte 28,7°, die Karbonathärte 16,0° dH betrug. Am 28. 11.1955 wurde im gleichen Bohrloch 840,0 mg/l Chlorid, 13,9° dGH, 12,9° dKH und 132,0 mg/l gelöstes Kohlendioxid festgestellt. Auch die von diesem Punkt in ca. 250 m Entfernung im Jahre 1956 niedergebrachte 2. Brunnenbohrung wies in 28,5 m Tiefe mit bis 132 mg/l Chlorid, bis 0,53 mg/l Eisen, jedoch nur 32 mg/l gelöstem Kohlendioxid Mineralwassereinfluß auf. In Zusammenhang mit diesem Vorkommen steht möglicherweise der mit 156 mg/l etwas erhöhte Chloridgehalt in Bg. 92a. Die Bohrungen 99 bis 127 zeigen, daß das Grundwasser der gesamten Talfläche zwischen Junkersmühle (Gemeindebezirk Münzenberg) und dem Würtzberg (Gemeindebezirk Eberstadt und Ober-Hörgern) bis ca. 600 m E

Ober-Hörgern hohe Mineralgehalte aufweist, die mit 7824 mg/l Cl^- (Bg. 114) und 6776 mg/l Cl^- (bg. 113) z.T. wesentlich den Mineralgehalt der nahegelegenen Mineralquelle (Beschreibung der Quellen Ober-Hörgern und Junkermühle s. Abschnitt 5.3.1.1.1.) übersteigt. Das Gebiet ist wegen seiner Mineralwasser-abhängigen Florengemeinschaft unter dem Namen Ober-Hörgern - Münzenberger Salzwiesen bekannt (Literaturnachweis s. Abschn. 5.3.1.1.1.).

Das oberflächennahe Grundwasser im Talgrund zwischen Ober-Hörgern und G r i e d e l ist nach Handbohrergebnissen frei von Mineralwassereinflüssen (Bg. 128-146).

Erhöhte Mineralgehalte treten jedoch in 9 Bohrbrunnen von bis zu 9 m Tiefe auf, die 1921 von der Stadt Butzbach am N Ortsrand von Griedel (Gelände zwischen Landstraße Griedel-Oberhörger und Bahnlinie bei R 34 78 90, H 55 89 80) errichtet wurden. Wegen geringer Ergiebigkeit dieser Anlagen wurde 1934 eine Versuchsbohrung von 40 m Tiefe niedergebracht, deren Wasser jedoch einen Trockenrückstand von 3 g/l bei 1,3 g Cl^- /l aufwies. Das Bohrloch wurde daher verfüllt. Auch zwei weitere, 1947 wenige Meter SE der Brunnenreihe niedergebrachte 13 bis 15 m tiefe Brunnen (genaue Lage unbekannt) erbrachten Mineralwasser mit bis zu 644 mg Cl^- /l bei ca. 1656 mg/l festen gelösten Bestandteilen (Tab. 15, MV 5), weshalb sie verfüllt wurden. Die gesamte Wassergewinnungsanlage wurde im Jahre 1961 stillgelegt.

Auf der SE-Talseite liegt ca. 700 m NE des Ortes Griedel (bei R 34 79 54, H 55 90 22) ein im Jahre 1928 niedergebrachter 14 m tiefer Bohrbrunnen und (bei R 34 79 45, H 55 90 24) ein 1947 niedergebrachter und 18,5 m tiefer Bohrbrunnen, von denen seit 1962 nur noch der erste (Brunnen 1) zur Wasserversorgung der Gemeinde Griedel herangezogen wird. Aus der in Tab. 6 aufgeführten Analysenauswahl ist eine zumindest zeitweilige starke Beeinflussung des Brunnens durch Chlorid-reiches Grundwasser erkennbar. Die starke Schwankungsbreite der Chloridwerte wird durch wechselnde Beanspruchung des Grundwasserleiters bei unterschiedlicher Grundwasserentnahme und damit verbundener Hebung oder Senkung der Süßwasser/Salzwassergrenze verursacht. Die gegenüber den Chlorid-Werten umgekehrt proportionalen HärteWert-Veränderungen weisen auf einengerüpfügig niedrigeren Härtebildner-Gehalt des Salzwassers gegenüber dem Süßwasser hin.

Tab. 6 Zeitliche Änderung der chemischen Wasserbeschaffenheit in Brunnen 1 bei Griedel

Datum	Cl ⁻ mg/l	GH °d	KH °d	CO ₂ mg/l
14. 5.57	741	22,8	15,1	51,7
25. 5.58	104	22,9	16,2	67,1
23. 3.60	451	-	13,7	(24,2) (belüftet)
17. 4.64	92	21,3	16,6	45
8.11.66	236	17,7	15,4	56,1
27. 7.67	231	-	15,1	(50) (belüftet)

Erhöhte Mineralgehalte erscheinen in Flachbohrungen E Griedel in Bg. 147 (155 mg Cl⁻/l), Bg. 148 (431 mg Cl⁻/l) und Bg. 150 (128 mg Cl⁻/l).

In SE-Richtung tritt Mineralwasser erst wieder ca. 300 m W der Strafanstalt im Gemeindebezirk R o c k e n b e r g auf. Hier jedoch in besonderer Intensität in Bg. 158 (3996 mg Cl⁻/l). In einem quer zur Talrichtung gelegten Profil (Bg. 157-162) konnte das Abnehmen der Versalzung in W- und E-Richtung nachgewiesen werden. Bei Bg. 157-159 fallen die hohen Härtegrade, insbesondere die Nichtkarbonathärten auf. Aus der Vollanalyse des Grundwassers, das zwischen Bg. 157 und 158 entnommen wurde (s.Tab. 15, MV 7) geht hervor, daß diese Nichtkarbonathärte von einem hohen Chlorid-äquivalenten Erdalkali-Anteil herrührt, das Wasser also (Ca, Mg) Cl₂ aufweist. Dieser Anteil ist relativ höher als z.B. bei dem Bad Nauheimer Sprudeln, weshalb hier entweder eine (Ca, Mg) Cl₂-reichere Primärsole oder aber Ionenaustausch im Sinne eines Regenerationswassers (ØDUM & CHRISTENSEN 1936) angenommen werden muß. Da sich jedoch in näherer Umgebung in zahlreichen Bohrungen Ionenaustauschvorgänge nachweisen lassen (so in Bg. 156, dessen Wasser 2,98 mval Alkali-Hydrogenkarbonat entsprechend 250 mg Natriumhydrogenkarbonat/l aufweist - vgl. Abschn. 5.3.2.) ist letztgenannte Möglichkeit zumindest wahrscheinlich

Weiter südlich sind die Mineralgehalte in Bg. 164 und 166 geringer, wenn auch noch eindeutig Salzwasser-beeinflußt.

Auf der rechten Wetterseite lassen sich in Bg. 168 und 169 mit 794 mg Cl^-/l und 2654 mg Cl^-/l wieder höhere Mineralgehalte nachweisen als in der auf der linken Seite der Wetter austretenden bekannten Rockenberger Mineralquelle (1269 mg Cl^-/l , s.Tab. 17, Q 18, Beschreibung der Quelle s. Abschn. 5.3.1.1.1.). Im Jahre 1952 trat in einer ca. 350 m ENE der Klappermühle bei R 34 81 96, H 55 88 14 niedergebrachten Tiefbohrung in 50 m Tiefe 800 mg Cl^-/l bei 39,2°dGH, 19,6° dKH und 154 mg/l gelöstes Kohlendioxid auf.

Ca. 500 m und 700 m SSW Rockenberg bilden 2 Quellen am rechten Talhang der Wetter ein Sumpfgebiet, deren Wasser schwache, aber deutlich erhöhte Mineralgehalte mit 223 und 217 mg Cl^-/l bei normalen Härtegraden (20,8 und 16,4°dGH) aufweisen (s. Tab. 17, Q 24,25).

Auch am östlichen Talrand tritt hier eine ähnlich erhöht salinare, in ein Dränrohr gefaßte Quelle aus, die 171 mg Cl^-/l , 23,4°dGH und 17,4° dKH aufweist.

Die Mineralgehalte in den genannten Quellwässern weisen auf ein in der Talmitte vorhandenes Wasser mit einem großen Chloridgehalt hin. Tatsächlich wurde in Bg. 174 ein Wasser mit 1022 mg Cl^-/l nachgewiesen. Von hier aus nehmen die Cl^- -Gehalte nach beiden Seiten ab. Die Gesamthärte ist hier fast ausschließlich durch Karbonathärte vertreten.

Im Gemeindebezirk O p p e r s h o f e n stieß 1958 eine Versuchsbohrung zur Erschließung von Süßwasser ca. 350 m W des Ortes (bei R 34 81 10, H 55 86 89) in ca. 15 m Tiefe auf Mineralwasser mit 672 mg Cl^-/l , 21,1° dGH, 20,7°dKH bei 60,5 mg/l gelöstem Kohlendioxid gestoßen. Im oberflächennahen Grundwasser konnte eine leichte Mineralisationserhöhung in Bg. 179 (108 mg Cl^-/l) sowie in der von den Bohrungen 180 und 182-184 umschlossenen Fläche (maximal 335 mg Cl^-/l) nachgewiesen werden. Auch die etwas weiter entfernt, in der Mündung eines Seitentälchens gelegene Quelle Nr. 100 (s.Tab. 17, Q 27) wies 229 mg Cl^-/l auf.

S Oppershofen erscheint Mineralwassereinfluß nur schwach in Bg. 188 (168 mg Cl^-/l).

An der Gemeindegrenze zum Bezirk S t e i n f u r t h beginnt eine erhebliche Versalzung des oberflächennahen Talgrundwassers, welche sich in geschlossener Fläche über ca. 4 km Tallänge bis an den N-Rand von W i s s e l s h e i m erstreckt, und deren Höchstgehalte (Bg.204

und Bg. 14) z.Z. das 1,6-fache der bisher im Wettertal bekanntgewordenen Höchstkonzentration betragen. Der südlichste Teil dieses Gebietes umfaßt die Wisselsheimer Salzwiesen, deren salzhaltiges Grundwasser seit langem durch den Selzerbrunnen und den Steinfurth Sauerbrunnen (Quellenbeschreibungen s. Abschn. 5.3.1.11.) bekannt war und wo über Jahrhunderte aus Quellfassungen und Schachtbrunnen für die Salzproduktion Mineralwasser entnommen wurde. Die flächenhafte Ausdehnung des Vorkommens wurde durch das Auftreten vieler seltener Halophyten-Gattungen bekannt, die sich in umfangreicher Literatur (zuletzt u.a. durch OSSWALD 1926, FABER 1930, mit umfangreichen Literaturangaben; BÜCKNER 1943, 1954; LUDWIG 1951, 1957, mit umfangreichen Literaturangaben) niederschlug. Alle Arbeiten gehen fast ausschließlich auf die Floren auf der W-Seite der Wetter ein. Auch auf der linken Wetterseite sind jedoch bis nach Steinfurth hin zahlreiche Halophytenstandorte festzustellen.

Die geschlossen mineralgrundwasserhaltige Fläche beginnt N Steinfurth auf der rechten Wetterseite mit einem stark sumpfigen Gebiet von ca. 300 x 100 m Durchmesser, an dessen W-Rand am Hangfuß eine bisher unbekannte Mineralquelle mit 989 mg Cl^-/l und 524 mg HCO_3^-/l (24,1°dKH) bei 77 mg/l gelöstem Kohlendioxid austritt (s. Tab. 17, Q 33). Der Hauptgrundwasseraustritt vollzieht sich jedoch flächenhaft in dem Sumpfgebiet selbst. Dies geht aus einer Abflußmessung vom 28.7.1969 hervor, bei der in dem die gesamte Fläche entwässernden Graben (bei R 34 81 44, H 55 85 18) bei einem Abfluß von 3,0 l/s 270 mg Cl^-/l und 575 mg HCO_3^-/l und damit eine Chloridfracht von 810 mg/s und vermutlich rund 3 g Gesamtlösungsfracht pro Sekunde festgestellt wurde. Der größte Teil des Gebietes steht während des ganzen Jahres unter flacher Bedeckung von Mineralwasser, das durch Niederschlagswasser verdünnt wird. An zahlreichen Stellen, insbesondere im Graben, lassen sich durch Zonen besonders intensiver Eisenhydroxid-Fällung Punkte beobachten, an denen vermutlich Mineralwasser aus dem Untergrund empordringt. Die chemische Mineralwasserbeschaffenheit geht aus einer im Juli 1968 durchgeführten Vollanalyse eines dicht neben Bg. 196 gewonnenen Grundwassers hervor (s. Tab. 15, MV 9). Es weist 4102 mg/l feste gelöste Bestandteile bei 1801 mg Cl^-/l und 916 mg HCO_3^-/l auf. Auch hier wird ein Teil der Ca/Mg-Valenz durch Chlorid ausgeglichen (3,49 mval/l; vgl. Bg. 157 a). Von den S anschließenden Bohrungen fällt Bg. 201, die durch eine später daneben durchgeführte und vollanalytierte Bohrung ergänzt wurde (s. Tab. 15, MV 10) wegen ihres ungewöhnlichen Kalium-Gehaltes auf. In

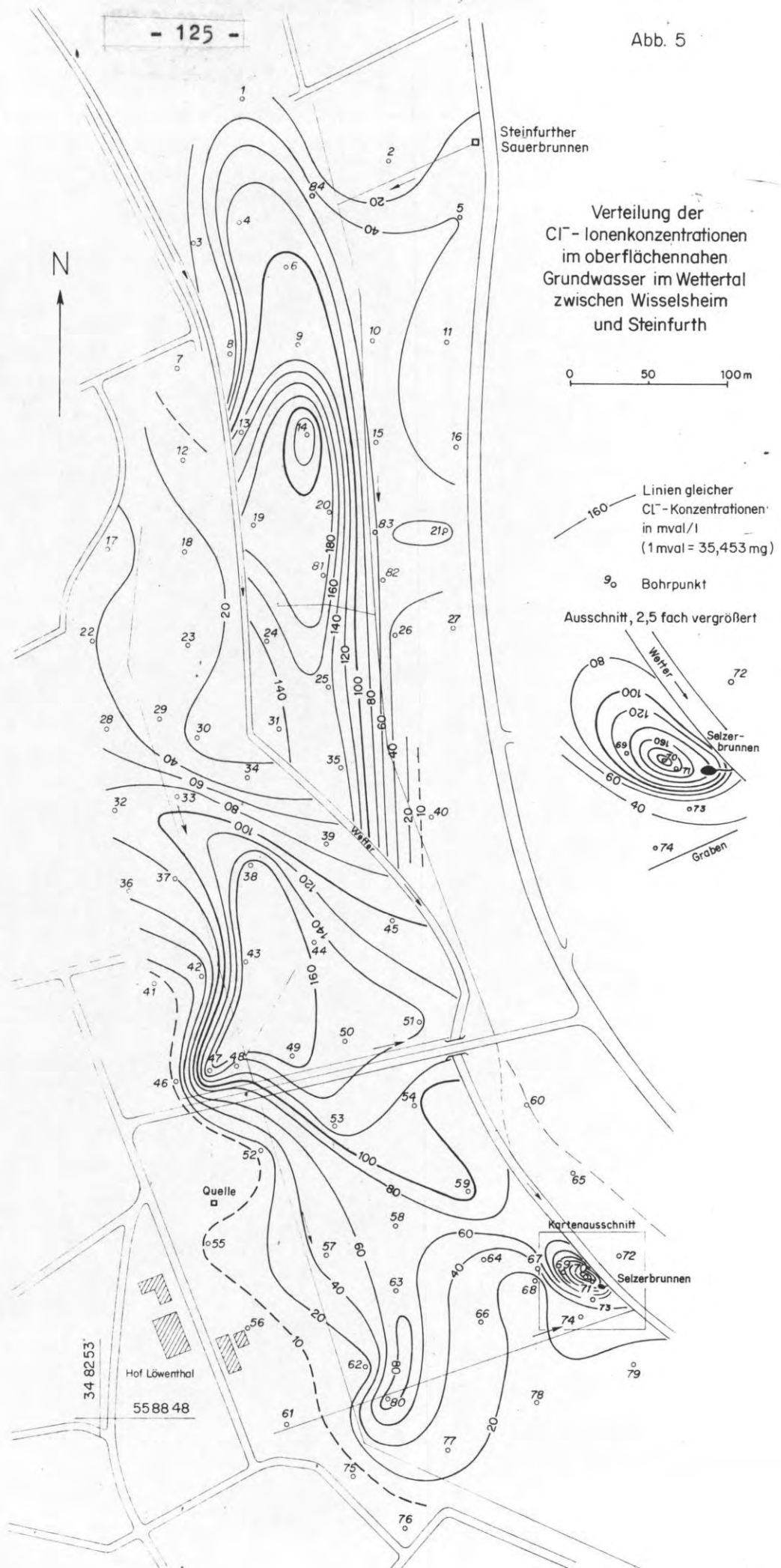
Bg. 204, ca. 350 m SSE des S Ortsrandes von Steinfurth, wurde mit 8274 mg/l der höchste Chloridgehalt des Wettertales und mit 125,6°dNKH der höchste bisher in der Wetterau festgestellte Nichtkarbonathärte-Wert ermittelt. Eine Vollanalyse des Wassers liegt nicht vor, doch ist zu vermuten, daß analog den übrigen Analysen des Wettertales der Sulfat-Gehalt gering ist und daher mindestens 120 mval/l der Nichtkarbonathärte als Calcium/Magnesium-ausgleichende Chlorid-Valenzen vorliegen d.h. daß in diesem Wasser vermutlich ca. 6600 mg (Ca, Mg) Cl_2 gelöst sind.

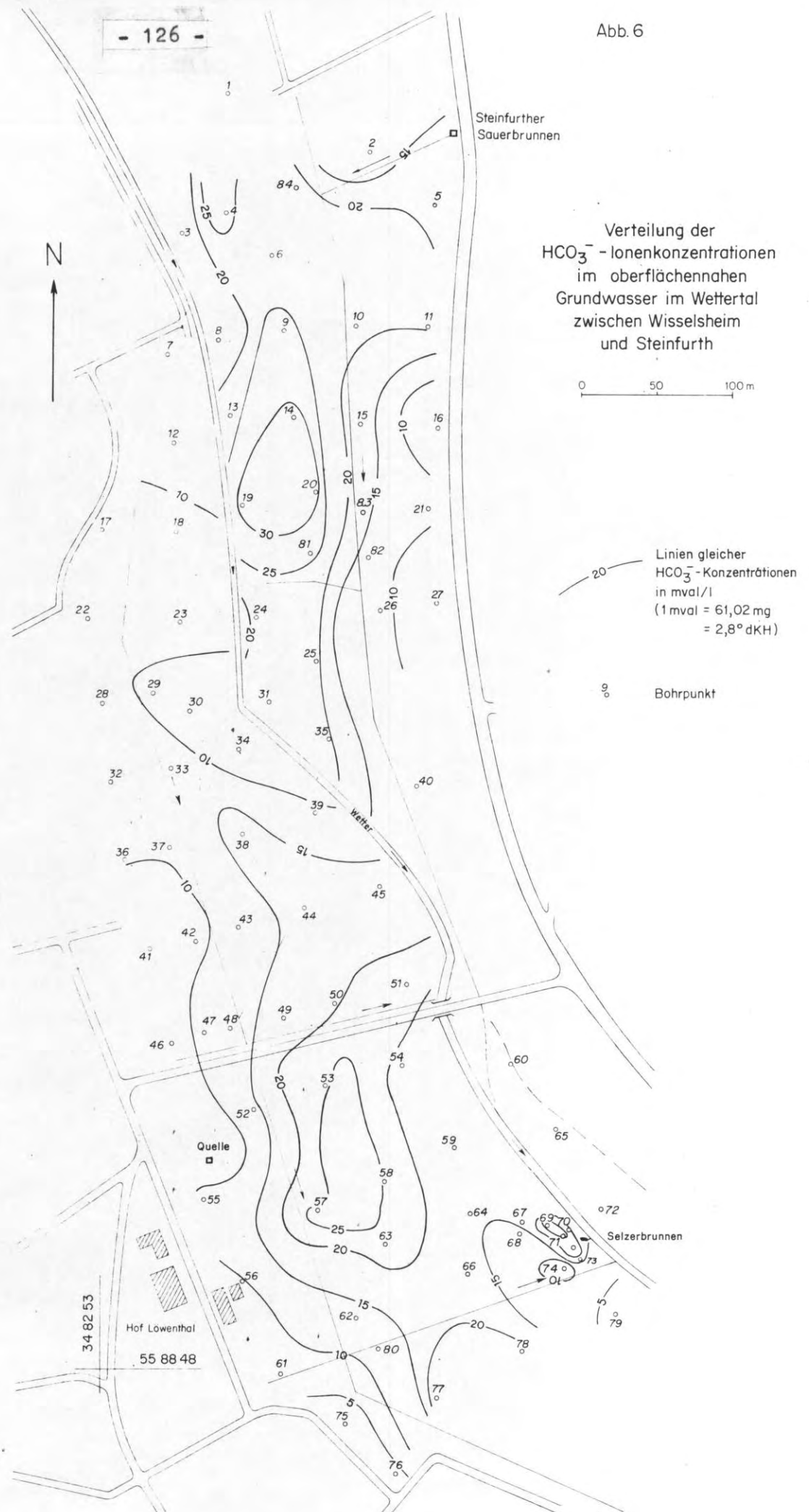
Die Verbreitung des Mineralwassers im Talabschnitt zwischen Bg. 202 und 207 scheint sehr schmal zu sein, da die nur ca. 100 m E gelegenen Quellen Nr. 34, 35 und 36 (s. Tab. 17) keinerlei Mineralwassereinfluß zeigen.

Der S anschließende Talbereich zwischen Steinfurth Sauerbrunnen und Selzerbrunnen wurde flächenhaft in geringen Abständen abgebohrt. Die jeweils ermittelten Chlorid- und Hydrogenkarbonat-Werte sind in Abb.5 und Abb.6 eingetragen und nach Linien gleicher Konzentration konstruiert. Der gesamte Talgrund ist hiernach von Mineralwasser erfüllt, welches im Maximum mit 230,5 mval/l (= 8172 mg/l, Tab. 18, Bg. 14) Chlorid die 9,6-fache Konzentration des Steinfurth Sauerbrunnens und die 1,6-fache Konzentration des Selzerbrunnens aufweist. Die Bikarbonat-gehalte steigen bis zu 31,66 mval/l (1931 mg/l = 88,7° dKH) an, wobei nicht in allen Bereichen direkte Proportionalität zu den Chloridgehalten besteht. Die Maxima beider Ionen liegen z.T. an verschiedenen Stellen (vgl. Abschnitt 5.3.2.1.).

In beiden Darstellungen wird deutlich, wie das von den Talhängen her eindringende Süßwasser das Mineralwasser an den Rändern verdünnt und Wasser mit hohen Mineralgehalten auf die Talmitte beschränkt. Nur an der W-Seite des Tales, N des Fahrweges zum Hof Löwenthal, dürfte der Zutritt von hochkonzentriertem Mineralwasser den des Hangwassers übertreffen.

In 8 und 10 m Entfernung vom Selzerbrunnen wurden in 1 m Tiefe Chloridgehalte von 199 mval/l (7043 mg/l) und 202 mval/l (7172 mg/l) und damit Werte, die das 1,4-fache des Wertes im Wasser der Quelle selbst betragen, festgestellt. Hiernach finden im Quellbereich auf engstem Raume sehr viele unterschiedliche Vorgänge statt. Die Quelle stellt ein Misch-





wasser eines in nächster Nähe aufdringenden Mineralwassers mit einem Süßwasser dar, das möglicherweise aus dem naheliegenden Bach oder aus größerer Entfernung vom Hang des Eichberges stammen kann. Außerdem finden örtlich Ionenaustauschvorgänge statt (vgl. Abschnitt 5.3.2 und SCHARPFF 1970 a).

S des Selzerbrunnens klingt in der Hutweide die Versalzung des Grundwassers verhältnismäßig schnell bis auf 6 mval/l (208 mg/l) ab und kann unterhalb Wisselsheim nicht mehr nachgewiesen werden. Erst bei der nördlichen Wetterbrücke von Rödgen macht sich der Einfluß des Mineralwassers (siehe Analyse Nr. 15 des Schachtbrunnenwassers) mit 483 mg Cl^- /l und 1866 mg/l festen gelösten Bestandteilen bemerkbar. Ein als Quelle austretendes Mineralwasser, wie es von älteren Autoren beschrieben wird (WILLE 1828, S.138, LUDWIG 1852, S.49, JOCHHEIM 1858, S.119) ist heute an dieser Stelle nicht mehr bekannt.

Im Gemeindebezirk S c h w a l h e i m treten leicht erhöhte Mineralgehalte im Weltertal zwischen Pkt. 132,1 (Bg. 225) und einem Punkt ca. 300 m S des Schwalheimer Sauerbrunnens auf. Die Chlorid-Gehalte steigen jedoch nur bis 5,70 mval/l (197 mg/l; 50 m NNE des Fußgängersteiges N der Ortschaft), die Hydrogenkarbonate dagegen bis 12,84 mval/l (783 mg/l; Bg. 231) im SW der Ortschaft an. In dem zuletzt genannten Wasser liegen 9,52 mval/l Alkalihydrogenkarbonat vor (bei Berechnung als Na HCO_3 800 mg/l). Auf Anzeichen von Mineralwasser beim Ausgraben der Radstube des nahegelegenen Kunstrades Nr. 7 am rechten Wetterufer wies bereits WILLE (1828, S.143) hin.

Ein Einfluß des Mineralwassers läßt sich wetterabwärts der Schwalheim-Dorheimer Mineralquellen (Beschreibung der Quellen s. Abschn.5.3.1.1.1.) mit Ausnahme der bei Ossenheim (s.unten, Friedberg) erbohrten Mineralwassers nicht mehr nachweisen.

5.3.1.2.2. Fauerbach- und Usatal

Im Tal des F a u e r b a c h e s tritt Mineralwasser möglicherweise bereits W Fauerbach bei M ü n s t e r auf, da nach KLIPSTEIN (1790, S. 75) ein Apotheker 1776 beim Graben Salzwasser angetroffen haben soll. Mit Handbohrungen wurde vom Verf. der Talgrund unterhalb der Fauerbacher Mineralquelle auf 2,5 km Länge abgebohrt (s.Bg. 253-268). Eine Beteiligung von Mineralwasser an der Grundwasserbildung konnte als schwache (bis 204 mg/l), jedoch über 1,6 km Länge zwischen Bg. 258 und Bg. 267 nachge-

wiesene Chloriderhöhung bei verhältnismäßig niedriger übriger Mineralisierung (bis 22,5° dGH) festgestellt werden.

In einem Großteil der Ortslage N i e d e r - M ö r l e n dürfte ebenfalls eine erhebliche Versalzung des Grundwassers vorliegen. Am Ende des letzten Jahrhunderts wurde bei einer 8 m tiefen Brunnengrabung im Keller des heutigen Hauses Hauptstraße 31 (R 34 80 11, H 55 82 83) Mineralwasser angetroffen (LEPSIUS 1900 a, S.30; die Örtlichkeit wurde vom Hausbesitzer im Jahre 1968 näher angegeben. Noch 1940 berichtete KÖBRICH über 2 hier vorhandene Brunnen, deren Wasser 400 mg/l Salzgehalt aufwies (KÖBRICH 1939/40, S.351). Die Brunnen sind heute verfüllt. Im Grundwasserunterstrom dieser Stelle liegt vermutlich auch der Brunnen eines Nieder-Mörlener Hauses nahe der Usa (R 34 80 14, H 55 82 66), dessen Wasser nach einer Untersuchung des Verf. vom 5.4.1969 einen Chlorid-Gehalt von 619 mg/l bei einer Gesamthärte von 14,3°dH aufweist.

An der südöstlichen Gemarkungsgrenze von Nieder-Mörlen macht sich der Einfluß des Mineralwassers bei den zur Süßwasser-Erschließung errichteten Bohrbrunnen der Stadt Bad Nauheim im "Säckelgraben" in einem von der Grundwasser-Entnahmemenge abhängigen Chloridgehalt bemerkbar. Der Chloridgehalt nimmt mit wachsender Förderung zu. Es wurden Werte bis zu 294 mg Chlorid/l bei 24,3° dGH (Brunnen 10 am 11.1.1961; Lage: R 34 81 72, H 55 82 52) festgestellt.

Im Stadtgebiet von B a d N a u h e i m weist das oberflächennahe Grundwasser auch in größerer Entfernung von den Mineralquellen im Bereich der Usatalaue fast überall hohe Mineralisation auf. Wie bei den Mineralwasserbrunnen und -quellen wird sein Verhalten mittels zahlreicher Grundwasserbeobachtungsbrunnen durch die Chemische Abteilung der Klinik und des Instituts für Physikalische Medizin und Balneologie der Universität Gießen in Bad Nauheim untersucht.

Ca. 400 m SSE des Güterbahnhofes wurde im Jahre 1969 auf der Wasserscheide (R 34 82 47, H 55 80 36) in mehreren Baugrunduntersuchungsbohrungen Mineralwasser erschlossen, das in einer 15 m tiefen Bohrung einen maximalen Chlorid-Gehalt von 6 180 mg/l bei 11 024 mg/l Gehalt an festen gelösten Stoffen aufwies (s.Tab.15, MV 27).

S Bad Nauheim wurde im Gebiet des Usa-Tales an 3 Punkten Mineralwasser bekannt:

Bei einer Brunnenbohrung an der Bundesstraße 3, N Friedberg ein Mineralwasser mit 332 mg/l Chlorid und 1983 mg/l festen gelösten Bestandteilen (s.Tab. 15, MV 33); bei einer Tiefbohrung der Wetterauer Zuckerfabrik in Friedberg in 150 m Tiefe ein mit 753,5 mg/l Chlorid und 963,8 mg/l Hydrogenkarbonat stark mineralisiertes Grundwasser (s.Tab. 15, MV 35); in einer 3 m tiefen Handbohrung im Wettertal W Ossenheim ein Mineralwasser geringen Chlorid-Gehaltes (71,0 mg/l), jedoch sehr hohen Hydrogenkarbonat-Gehaltes (772,9 mg/l; s.Tab. 15, MV 21; s.auch Tab.18, Bg. 251).

Die 3 letztgenannten Wässer sind wegen ihres von Ionenaustauschvorgängen geprägten Chemismus von besonderem Interesse (s.Abschn. 5.3.2.).

Der Pfaffenborn NW F r i e d b e r g (R 34 81 20, H 55 78 90) wird bei einigen älteren Autoren wegen seines Eisen-Reichtums in der Reihe der Mineralquellen bzw. Säuerlinge (WILLE 1828, S.120; LUDWIG 1852, S.47, 1855d, S.70; 1858, S.114; TASCHE 1853a, S.73) genannt. Bei SCHÖNHALS (1936) ist er auf der Karte als Mineralquelle eingetragen. Er bildet heute ein meist abflußloses Sumpfgelände. Die im Riedgraben 600 m unterhalb ausfließende und vermutlich den gesamten flachen Talkessel entwässernde Drän-Quelle weist mit 54 mg/l Chlorid, 350 mg/l Hydrogenkarbonat und nicht nachweisbarem Eisen-Gehalt nicht auf Mineralwasser hin.

5.3.1.2.3. Horlofftal (vgl. Abb. 12 - 14)

Im Horloff-Tal wurde das nördlichste Mineralwasservorkommen in den Braunkohle-Tagebauen der Preußischen Elektrizitäts AG, früher "Gewerkschaft Friedrich" festgestellt. Nach SCHOTTLER (1919, S.71; 1921, S.81) sowie Unterlagen des Staatsbades Bad Nauheim, des Institutes für physikalische Medizin und Balneologie der Justus Liebig-Universität Gießen in Bad Nauheim sowie der Preußischen Elektrizitäts AG, Abt. Wölfersheim (z.T. von DENGLER 1965 in einem unveröffentlichten Gutachten des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zusammengestellt) wurde zur Zeit der ersten Betriebsperiode des ca. 500 m NW des Ortskernes T r a i s - H o r l o f f

gelegenen Braunkohlentagebaues am Ende des 2. Jahrzehnts dieses Jahrhunderts starke Thermalquellen mit hohem Salzgehalt und viel Kohlensäure angefahren (Mittelpunkt des Abbaues ca. R 34 92 99, H 55 90 43; genaue Lage der Quellen unbekannt). Nach POPP (Analyse s.Tab. 15, MV 43; wiedergegeben in SCHOTTLER 1921, S.21) wiesen sie 8168 mg/l feste gelöste Bestandteile auf. Die Ionenbilanz dieser Analyse weist jedoch so große Differenzen zwischen Kationen- und Anionensumme auf, daß der Charakter des Mineralwassers vermutlich zuverlässiger aus der Analyse eines Wassers zu ersehen ist, das aus einer im Jahre 1917 niedergebrachten Bohrung entnommen wurde (s.Tab. 15, MV 42, genaue Lage der Bohrung unbekannt; Analyse aus einem unveröffentlichten Gutachten von SALOMON CALVI 1929). Hierbei wurde Mineralwasser mit 8098 mg/l festen gelösten Bestandteilen festgestellt. Während einer zweiten Abbauperiode des Tagebaues (1927-1930) wurden zu Beginn des Jahres 1929 auf dessen Sohle ebenfalls zwei kohlensäurereiche Salzquellen angefahren, welche die folgenden Gehalte (in mg/l) aufwiesen:

	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₂ gel.	Abdampf.	gel. Best. fest	gesamt
Quelle 1	1500	3447	1327	6728	8451	9778
Quelle 2	2000	3233	1510	5667	7283	8793

(Tag der Probenahme 2.12.1929)

Nach der zweiten Abbauperiode des Tagebaues 1 füllte sich dieser mit Wasser, wodurch die Quellen überdeckt wurden. Sie machten sich erst wieder durch aufsteigende Kohlendioxid-Gasblasen bemerkbar, als 1937 wegen des NE benachbarten Tagebaues 2 in Tagebau 1 die Wasseroberfläche abgesenkt wurde. Nach vollständiger Leerung des Sees war nur noch Quelle 2 vorhanden, die viel Lockermaterial auswarf und ihren Austritt dadurch mehrfach verlagerte. In den folgenden 2 Jahren wurde der Tagebau und mit ihm die Mineralquelle verfüllt.

Beim Vergleich der vorliegenden Analysen der Quellen 1 und 2 mit der früheren Analyse POPPs fällt die starke Verschiebung der Ionenverhältnisse zugunsten des Hydrogenkarbonats bei ungefähr gleichbleibendem Gesamtlösungsinhalt auf. In Anbetracht der hohen Differenz in der Ionenbilanz der POPPschen Analyse (die auch eine Berechnung der Millivalprozent-Werte zweifelhaft erscheinen läßt) ist ein Berechnungsfehler, ver-

mutlich beim Hydrogenkarbonat-Ion, wahrscheinlich. Berechnet man die fehlenden 27,22 mval Anionen als Hydrogenkarbonat, so ergibt sich mit einem Chlorid/Hydrogenkarbonat-Verhältnis von 1,6 eine Annäherung an das entsprechende Verhältnis bei Quelle 1 und 2 (0,8 und 1,1). Die Summe der festen gelösten Bestandteile müßte dann mit 9829 mg/l angegeben werden.

Im Bereich der Talaue N Trais-Horloff sind die hydrogeologischen Verhältnisse durch zahlreiche Bohrungen des Zweckverbandes Oberhessischer Versorgungsbetriebe (ZOV) hinreichend bekannt. Hier werden im Wasserwerk I n h e i d e n große Mengen süßen Grundwassers entnommen, das keinerlei Einflüsse von Mineralwasser bei seiner Entstehung erkennen läßt, obwohl die relativ hohe Wassertemperatur (12°C) eine Herkunft aus größerer Tiefe andeutet (SCHOTTLER 1912, S. 34).

Wegen der zahlreichen schon früher bekannten Mineralwasseraustritte wurden S. Trais Horloff bis ca. 500 m S Grund Schwalheim zur oberflächennahen Grundwasseruntersuchung in einem W und einem E der Horloff gelegenen N-S-Profil Handbohrungen vorgenommen (s. Abb. 11 u. 12).

Im w e s t l i c h e n Profil konnten in der Nähe des Trais-Horloff Mineralbrunnens (Beschreibung s. Abschnitt 5.3.1.1.4) keine erhöhten Salzgehalte festgestellt werden (Bg. 270, 271, 271a). Dagegen tritt in einem wenig E gelegenen Grabenanfang mit kaum meßbarer Schüttung unter starker Eisenhydroxid-Ausscheidung recht Kohlendioxid-haltiges (310 mg/l) Wasser auf, das mit 84 mg Cl^- /l einen gewissen Mineralwasseranteil erkennen läßt. Weiter S treten in der W Talhälfte bis zur Straße Grund-Schwalheim - B e r s t a d t ausschließlich normal mineralisierte Süßwässer auf. Selbst in den im Grundwasserunterstrom der Kreuzquelle (Quellbeschreibung s. Abschnitt 5.3.1.1.4) gelegenen Bohrungen 286, 287 und 290 ist nur eine geringe Chlorid-Erhöhung zu verzeichnen. Auffällig steigt sie dagegen ca. 650 m S der Mineralquelle in den Bohrungen 293 und 294 in Verbindung mit starker Härtezunahme an, woraus auf eine hier bestehende gesonderte Mineralwasseraufstiegszone geschlossen werden könnte. Aus dem Rahmen fällt hierbei besonders Bg. 293 durch einen absolut und relativ hohen Anteil der Nichtkarbonat-härte.

Im ö s t l i c h d e r H o r l o f f abgebohrten Profil fällt S des normal süßen und im Gegensatz zur W Horloffalseite verhältnis-

mäßig weichen Grundwassers (Einfluß der E gelegenen Basaltwässer) in Bg. 302 (Gemeindebezirk U n t e r - W i d d e r s h e i m) der plötzliche Anstieg des Hydrogenkarbonatgehaltes auf, der nur durch sekundäre Aufhärtung infolge Kohlendioxid-Aufstiegs und Auflösung kalkhaltigen Auensedimentes zu erklären ist. Die Summe der Erdalkalien ist um 2,22 mval/l niedriger (Alkali-Hydrogenkarbonat), was auf Ionenaustauschvorgänge hinweist. Verstärkter Einfluß chloridischer Wässer macht sich erst in Bg. 303 und in besonderer Intensität von Bg. 307 bis Bg. 317 bemerkbar. Die Profillinie quert hier einen großflächigen Mineralwasseraustritt, von dem bisher die E der " B u r g " gelegene S a u e r q u e l l e (s. Top. Karte und geologische Karte 1 : 25 000 Bl. Hungen, SCHOTTLER 1921:, bei R 34 93 27, H 55 87 57) bekannt war. Nach eigenen Beobachtungen scheint diese weniger ein punktförmiger Wasseraustritt als vielmehr eine Stelle mit konzentriertem Kohlendioxidgasaustritt zu sein. Die in dem sumpfigen und dicht mit Schilf und Seggen bewachsenen Gelände nur schwer aufzufindende Quelle tritt in einer schlammgefüllten, schlecht auslotbaren Mulde von ca. 1,50 m Durchmesser aus, deren Wasseroberfläche durch heftige Gasentwicklung und Eisenhydroxid-Ausscheidung meist mit hellbraunem Schaum bedeckt ist. Eine am 18.5.1966 entnommene Wasserprobe enthielt 1061 mg/l gelöstes Kohlendioxid, 377 mg Cl^- /l und 1232 mg HCO_3^- /l. Die Wassertemperatur war mit 17,0°C stark atmosphärisch beeinflusst (26° Lufttemperatur). Ein Wasserabfluß ist nur schwer zu beobachten, da die Abflußwege durch die Sumpflvegetation führen. In niederschlagsarmer Zeit (so am 18.5.1966 und am 13.6.1968) floß auch über die naheliegenden Entwässerungsgräben kein Wasser zu dem ca. 80 m E entfernt gelegenen Flutgraben ab. In niederschlagsreicher Zeit, meistens während des Winters, steht die gesamte Sumpffläche knietief unter Wasser und der zu beobachtende Abfluß entstammt zu einem großen Teil aus der Retention der Sumpffläche.

Die Breite des flächenhaften Mineralwasseraustritts wurde mittels 6 in W-E-Richtung aufgereihter Bohrlöcher festgestellt (Bg. 309-314). Hiernach liegt das Mineralisationsmaximum mit 2209 mg Cl^- /l ca. 500 m W der beschriebenen Quelle (Bg. 311) und weist damit die 1,8 fache Chlorid-Konzentration des bisher in der näheren Umgebung bekannt gewordenen höchstkonzentrierten Mineralwassers, des Römerbrunnens in Grund-Schwalheim, auf. Ebenso ist der absolute und relative Hydrogenkarbonat-Gehalt wesentlich höher als beim Römerbrunnen.

Die im Bereich der Ortslage Grund - Schwalheim bekannt gewordenen Mineralwasservorkommen sind in Abschnitt 5.3.1.1.4. beschrieben. Die Mehrzahl der in dem Ort ehemals existierenden Schachtbrunnen ist heute verschüttet bzw. außer Gebrauch. Der bei R 34 93 16, H 55 86 36 gelegene 8,90 m tiefe Brunnen wies am 28.7.1969 ein stark durch Öl verunreinigtes Wasser mit $54 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$ und 79 mg gelösten Kohlendioxids/l auf. Daß in den Handbohrungen 320 bis 327 erhöhte Mineralisierung trotz der Nachbarschaft des Römerbrunnens wenig hervortritt, ist möglicherweise auf die tiefe Fassung und ständigen Entzug des gewerblich genutzten Mineralwassers zurückzuführen.

Weiter S ist bis Echzell Salinarwassereinfluß nicht nachzuweisen. Mit Bg. 336 beginnt SE des ehemaligen Echzeller Sauerbrunnens (Beschreibung s. Abschnitt 5.3.1.1.4.) eine Mineralisierungszone im Grundwasser, dessen Höchstkonzentration in Bg. 341 des Querprofils (Bg. 338-346) mit $315 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$, $780 \text{ mg HCO}_3^-/\text{l}$ und $37,5^\circ \text{ dGH}$ erreicht wird. In der Nähe dieses Punktes könnte die von TASCHÉ (1853a, S. 113) erwähnte Sauerquelle entsprungen sein. Vermutlich verdankt auch der ehemals ca. 600 m N gelegene Echzeller Sauerbrunnen dem selben Mineralwasserkörper seine Entstehung.

In S-Richtung ist die Talaue auf ca. 2,5 km Länge oberflächennah ausschließlich von mineralarmem, verhältnismäßig weichem Grundwasser erfüllt. In größerer Tiefe wurde dagegen im Gemeindebezirk Bingenheim bei R 34 92 70, H 55 82 54 in einer 60 m tiefen Bohrung auf Süßwasser Mineralwasser mit $770 \text{ mg HCO}_3^-/\text{l}$ und 330 mg gelöstem Kohlendioxid/l erschlossen (s. Tab. 15, MV 47), das jedoch nur auf engem Raum entstanden sein kann, da mit $26,4 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$ Anzeichen von chloridischen Mineralwässern fehlen.

Zwischen Reichelsheim und dem Horloff-Hochflutgraben kommt es zu einer weiteren Grundwasser-Mineralisierung zwischen den Bg. 358 und 371 mit ihrem Maximum in Bg. 363, wo $299 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$ und $1074 \text{ mg HCO}_3^-/\text{l}$, von letzterem $0,44 \text{ mval}$, bedingt durch Ionenaustausch, an Alkali-Ionen gebunden, beobachtet wurden.

Nach einer weiteren, ca. 1,5 km langen Süßwasserzone steigen die Chloridgehalte in der Gemarkung Mähried in Bg. 377 auf $458 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$, $1329 \text{ mg HCO}_3^-/\text{l}$ ($60,6^\circ \text{ dKH}$) sowie auf $491 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$ in Bg. 384 bei be-

sonders hohem Hydrogenkarbonatanstieg ($1440 \text{ mg/l} = 66,1^\circ \text{dKH}$) an. Das Mineralwasservorkommen erstreckt sich in abgeschwächter Form auf einer Länge von ca. 600 m bis Bg. 388, weist jedoch, wie das Querprofil (Bg. 378-383) zeigt, nur ca. 200 m Breite auf. Das Vorkommen wird durch den Horloff-Flutgraben oberflächennah abgeschnitten.

5.3.1.2.4. Niddatal (vgl. Abb. 15 - 16)

In den Gemeindebezirken O b e r - F l o r s t a d t und N i e - d e r - F l o r s t a d t wurde in zahlreichen Bohrungen Mineralwasser (Bg. 393, 394, 399) bzw. Süßwasser mit deutlichem Mineralwassereinfluß (Bg. 396, 397, 401-404) angetroffen. Eine Zugehörigkeit zu größeren geschlossenen Mineralwasserzonen ließ sich hier nicht nachweisen, da zwischenliegende Bohrungen süßes Grundwasser aufwiesen. Im Gemeindebezirk Nieder-Florstadt war bereits im Jahre 1939 in dem ca. 750 m SW des Ortes gelegenen Basalt-Steinbruch austretendes Mineralwasser ohne genauere Untersuchung beobachtet worden. Nach Stilllegung des Bruches ertrank die Quelle jedoch im ansteigenden Steinbruchsee.

Im Gemeindebezirk B ö n s t a d t steigen die Chloridgehalte in Bg. 407 auf 227 mg/l an und lassen sich erhöht bis ca. 1050 m SW in Bg. 411 nachweisen. Höhere Hydrogenkarbonatgehalte treten besonders in Bg. 408-410 auf. 10 m E des in Bg. 410 auftretenden Mineralwassers wurde eine weitere Probe entnommen und eine Vollanalyse durchgeführt (Nr. 410a, s. Tab. 15, MV 50). Sehr wahrscheinlich steht dieses Mineralwasservorkommen in Verbindung mit der von LUDWIG (1852, S. 51) beschriebenen "ziemlich guten" Sauerquelle, die jedoch schon zu seiner Zeit "durch ungeschickte Hand" verdorben war. Sie lag nach JOCHHEIM (1858, S. 108) ungefaßt mitten im Wiesengrund und wurde in den 50er Jahren des 19. Jahrhunderts zugeworfen (s. auch LUDWIG 1855d, S. 70; TASCHE 1858, S. 70; CHELIUS 1905a, S. 105).

Am südlichen Ende des durch Flachbohrungen untersuchten Profils tritt in Bg. 412 und 413 nur noch gering mineralisiertes Süßwasser auf.

Im weiter N gelegenen, in Basalten des Vogelsberges verlaufenden Niddatal wurde in größerer Tiefe Grundwasserversalzung zwischen U n - t e r - S c h m i t t e n , N i d d a und D a u e r n h e i m bei 8 Tiefbohrungen des "Zweckverbandes Oberhessische Versorgungsbetrie-

be" festgestellt (von N nach S folgend in den Bohrungen Kohden I, Orbes I, Orbes III, Bohrung Nr. 98, Stehfelder Sumpf I und III, Walternhausen und Dauernheimer Hof; Lagepunkte und Analysen s. Tab. 15, MV 71 - 75). Der höchste Mineralgehalt wurde dabei in Bg. Stehfelder Sumpf III mit 4810 mg Cl^-/l und 11642 mg/l festen gelöste Bestandteile nachgewiesen.

Wie zahlreiche zwischen den genannten Tiefbohrungen liegende reine Süßwasser-Tiefbrunnen mit z.T. hohen Leistungen zeigen, ist der Untergrund in diesem Gebiet jedoch nicht einheitlich mit Mineralwasser erfüllt. Hochkonzentriertes Salzwasser zirkuliert vermutlich in den hier 100-150 m tief liegenden klastischen Sedimenten des vorbasaltischen Tertiärs und ist großräumig durch Tufflagen, die besonders häufig an der Basis der Vulkangesteine den Basalten eingelagert sind, gegen das höhergelegene Süßwasserstockwerk abgedichtet. Nur an einzelnen tiefgreifenden Kluftzonen, die in den genannten Bohrungen angefahren wurden, steigt Mineralwasser in höhere Zonen empor.

Von besonderem Interesse ist hierbei, daß der bei Bohrung Orbes I (Höhenlage ca. 127 m üNN) festgestellte artesische Überdruck des Mineralwassers von 1,7 atü (freundl. Mitteilung von Herrn Dr. Schenk, ZOV) fast genau dem aus der Höhendifferenz (Nidda-Tal/Kurpark) errechenbaren theoretischen Überdruck der rd. 2 km NNE entfernt gelegenen Mineralquellen Bad Salzhausens (Höhenlage ca. 140 m üNN) entspricht. Es besteht hiernach zwischen den beiden Orten ein direkter hydraulischer Zusammenhang.

Im oberflächennahen Grundwasser dieses nördlichen Niddatal-Bereiches wurden keine natürlichen Mineralwasservorkommen bekannt. Mittels der v. Verf. bis ca. 2,5 km SW Dauernheim durchgeführten Handbohrungen (s. Abb. 16) konnte Versalzung jedoch bis 1200 m NE des Sauerlings von Stadern nachgewiesen werden (s. Bg. 419; Quellbeschreibung s. Abschn. 5.3.1.1.6.). Ebenso wurde sie mit 1136 mg Cl^-/l in einer 14 m tiefen Untersuchungsbohrung ca. 150 m SE der Handbohrung 419 ermittelt. Auf der N-Seite des Städener Schloßes wird links der Nidda in Bg. 424 mit 16,64 mval/l (590 mg/l) 72 % des Chloridgehaltes des Sauerlings und mit 16,76 mval/l (1022 mg/l) sogar 91 % dessen Hydrogenkarbonatgehaltes erreicht. Möglicherweise lag einer der früher links der Nidda erwähnten Sauerlinge in der Nähe dieses Punktes (vgl. Abschn. 5.3.1.1.6.).

Legende zu Abb. 7 - 16 :

**Chemische Beschaffenheit des
oberflächennahen Grundwassers**

im Tal der Wetter Abb. 7 - 11 , Horloff Abb. 12 - 14
u. Nidda Abb. 15 - 16

Werte aus Flachbohrungen

- Cl^- - Gehalt
- - - - - HCO_3^- - Gehalt ($\cdot 2,8 = \text{KH}$)
- · - · - $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ - Gehalt ($\cdot 2,8 = \text{GH}$)

Werte aus Quellen im Talbereich

- x Cl^-
- $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ (GH)
- o HCO_3^-

MV 42
Q 60 Nr. der Analysen i. Tabellen



Pfeile an der Karte bezeichnen
anschließende Schnittkanten

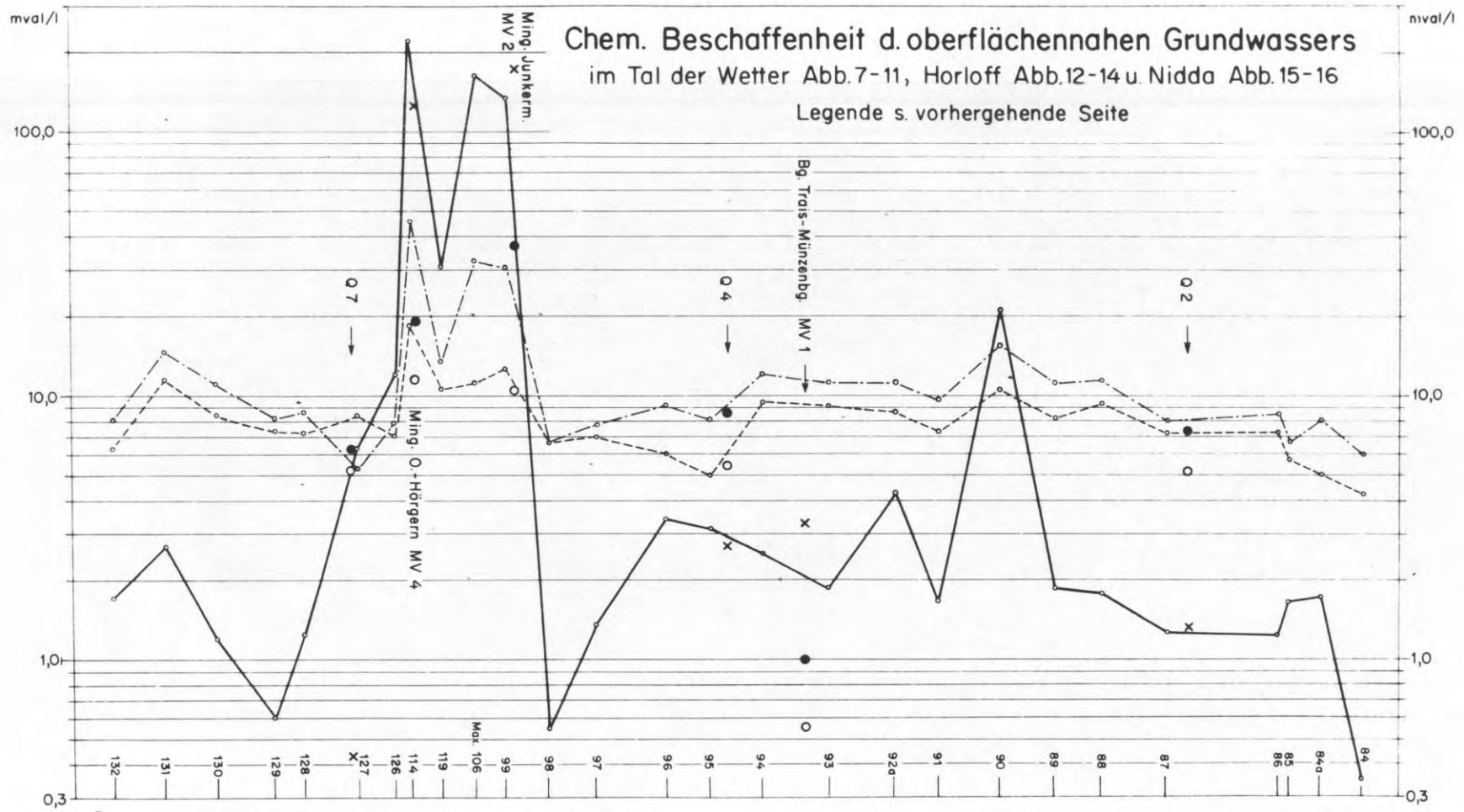


Abb. 7

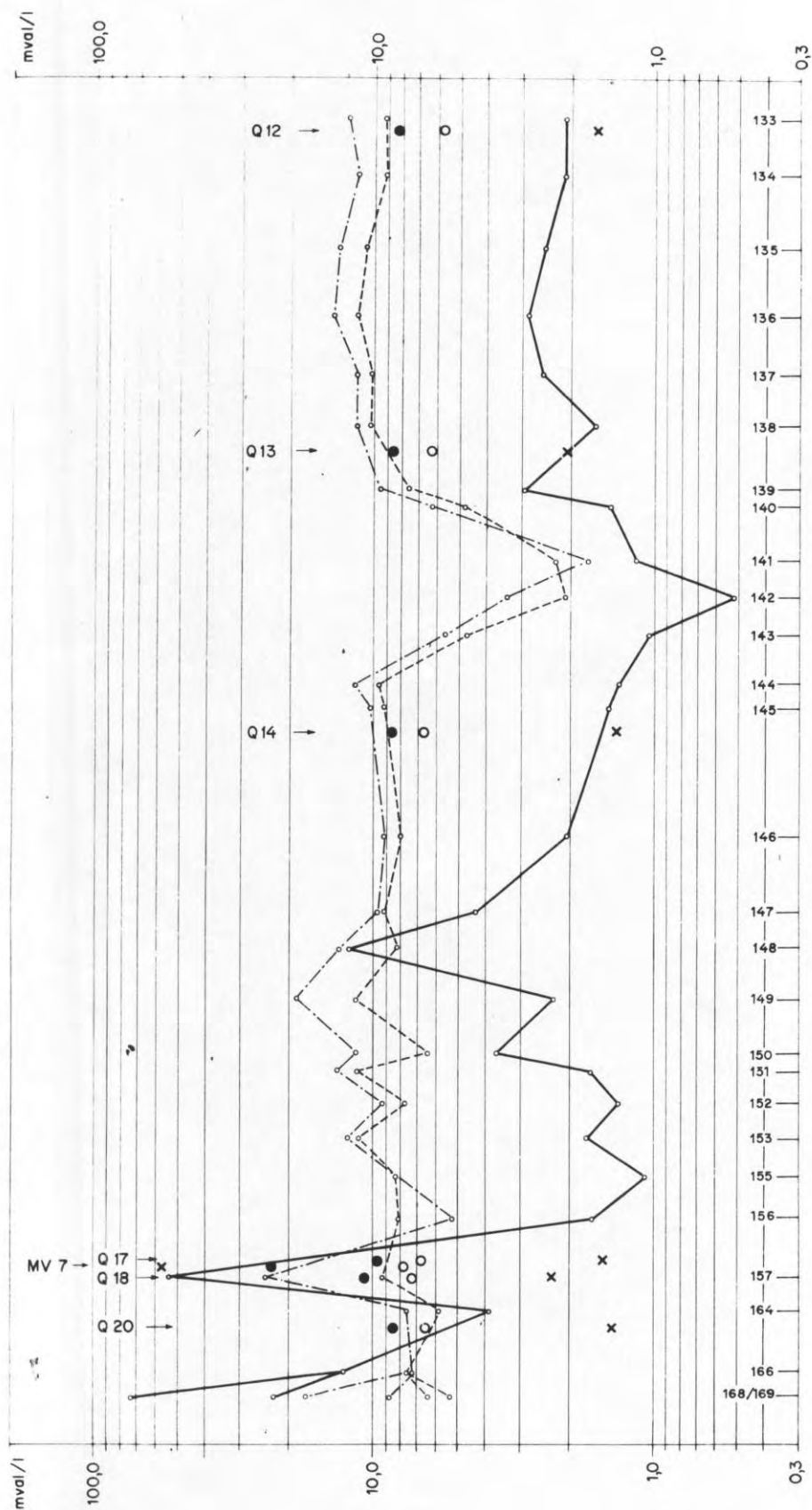


Abb. 8

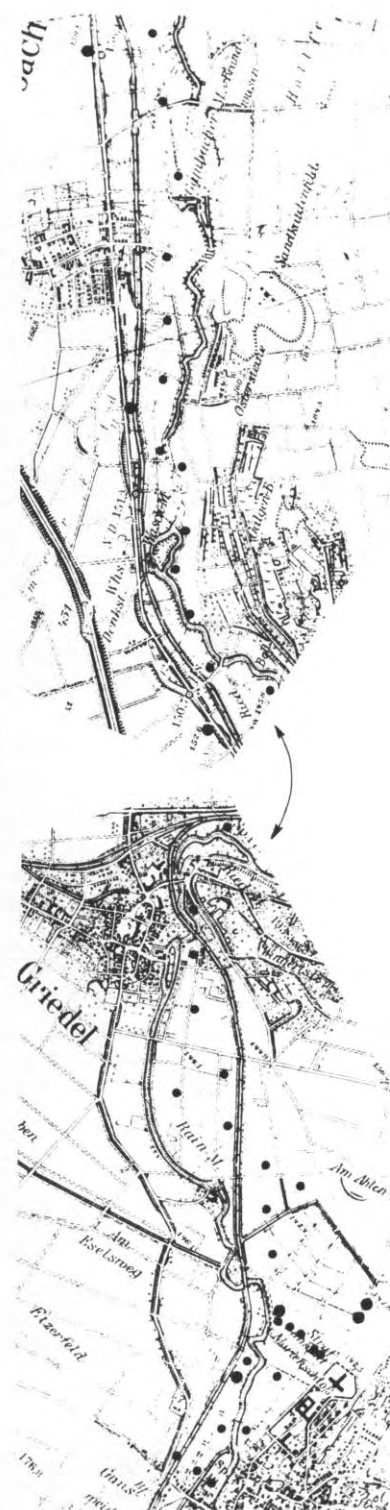
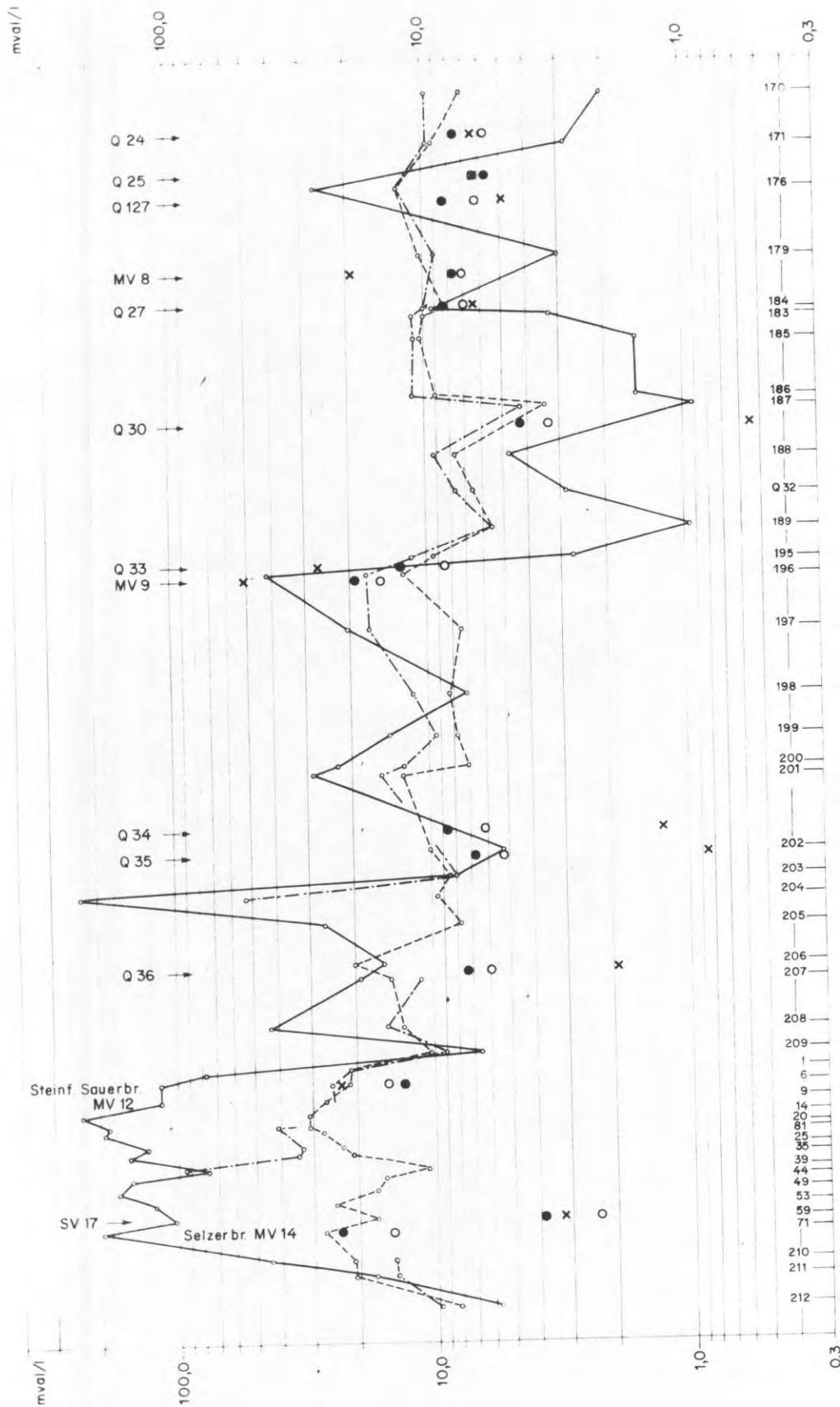


Abb. 9



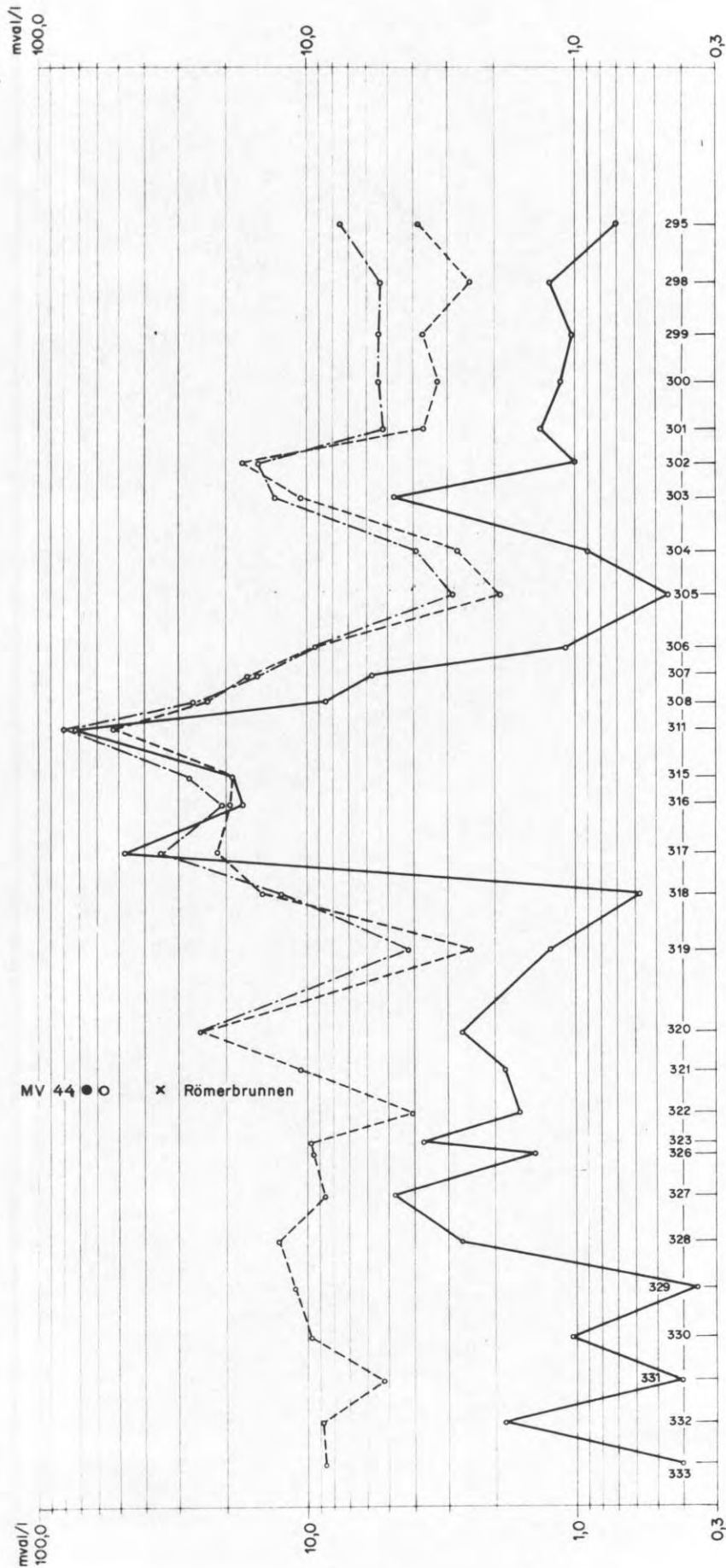
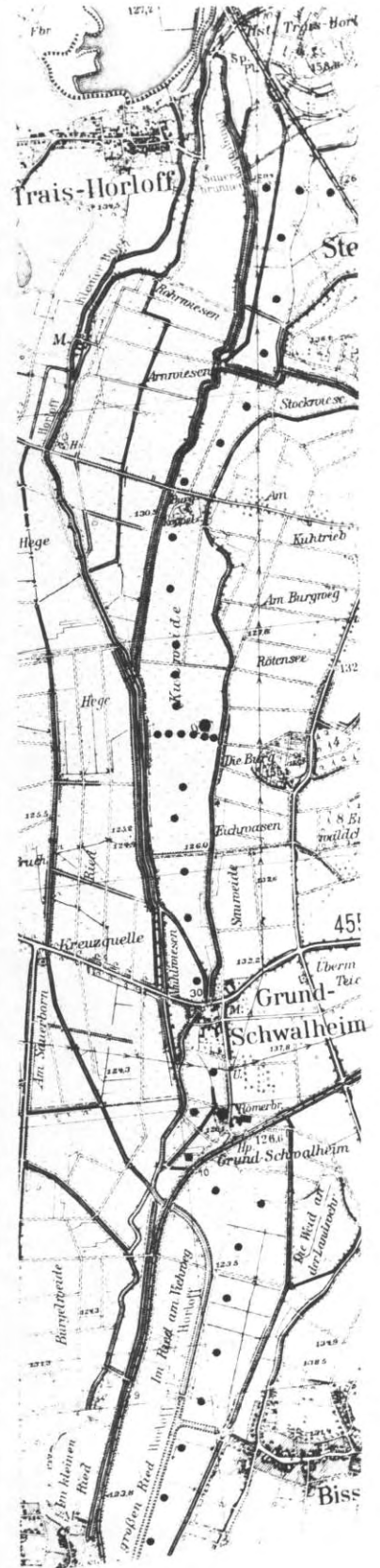


Abb. 13



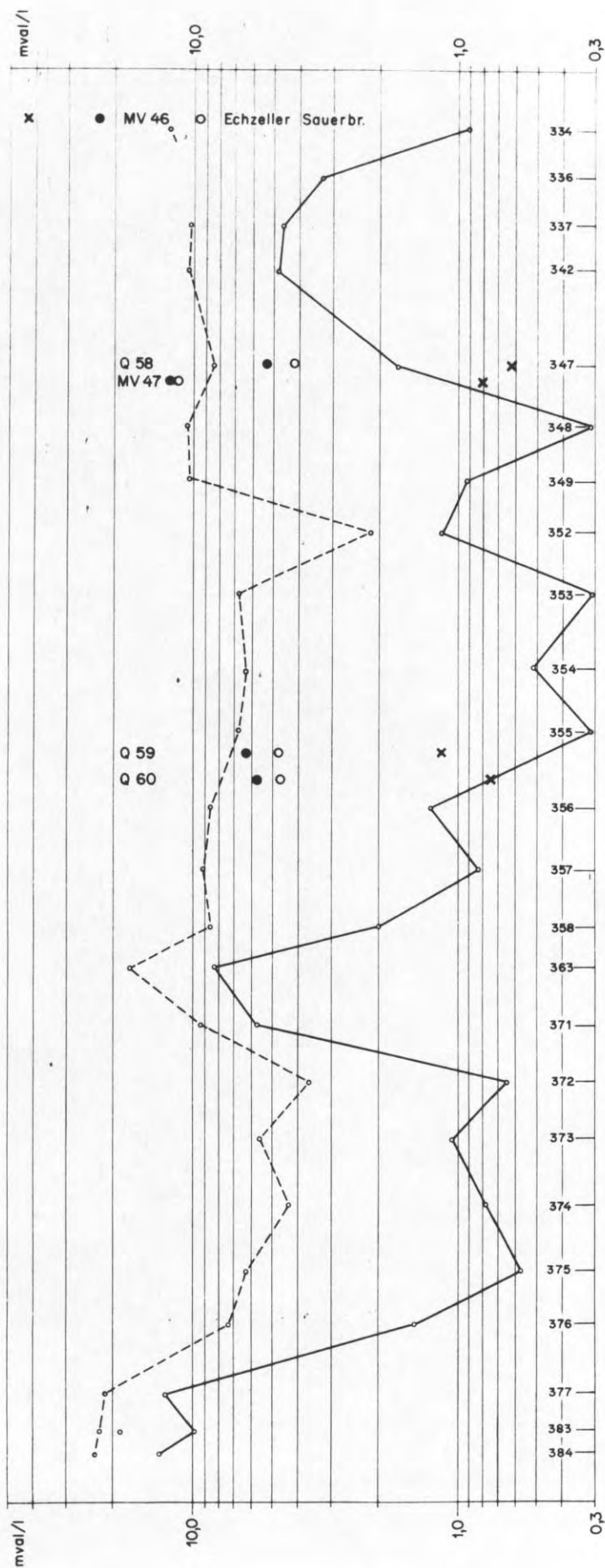


Abb. 14



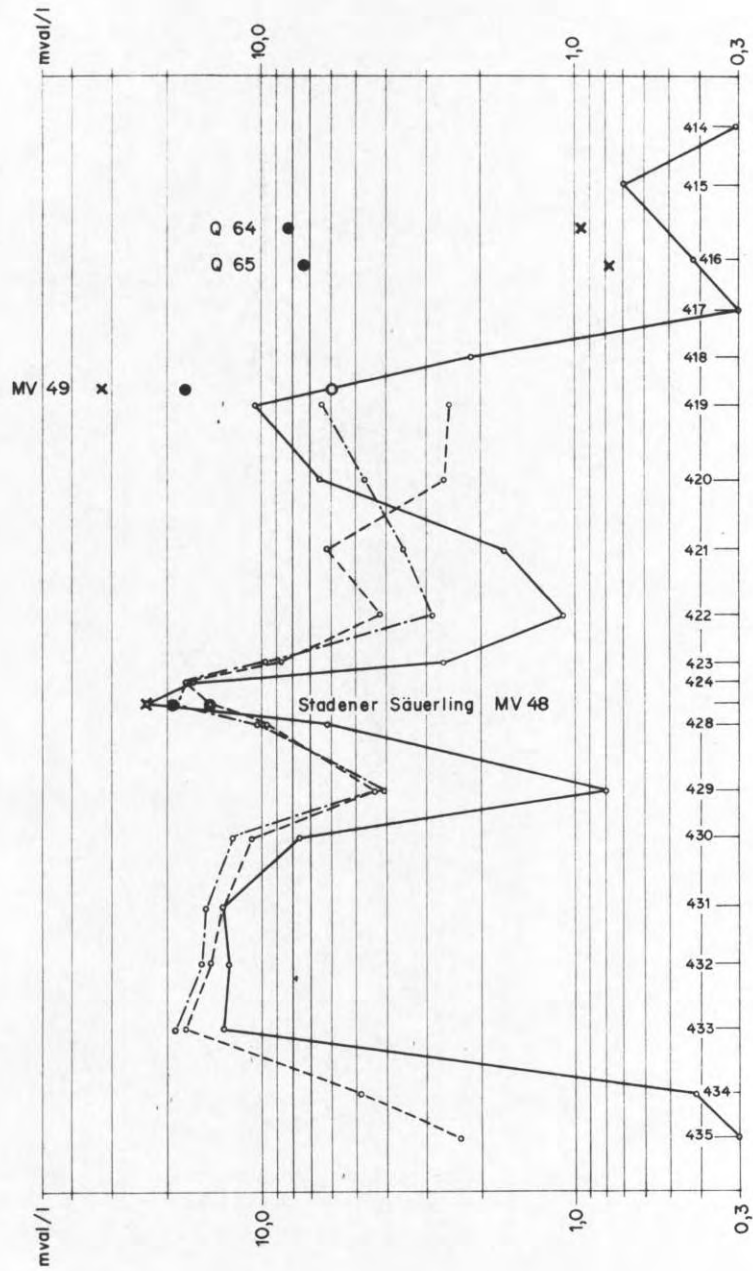
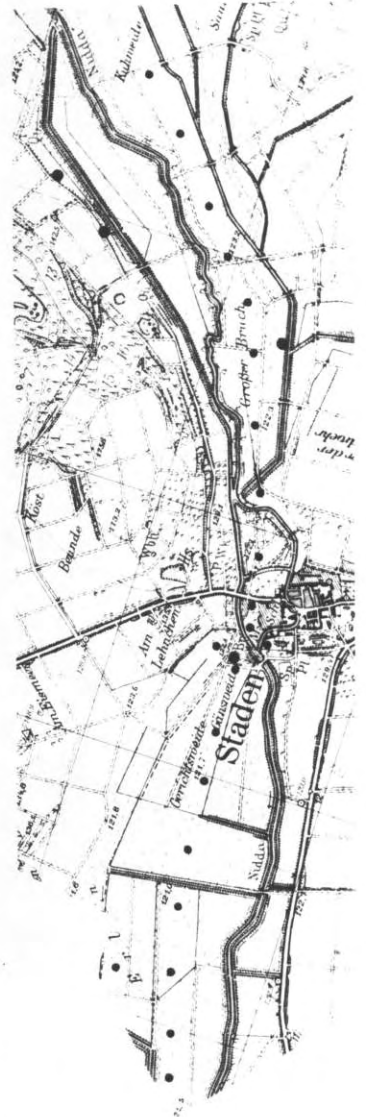


Abb. 16



Neben der zu vermutenden Mineralisierung des Grundwassers in der näheren Umgebung des Stadener Sauerlings (Bg. 426-428) fällt talabwärts der sich von Bg. 430 bis 433 erstreckende ca. 1 km lange Mineralwasserkörper mit verhältnismäßig gleichmäßig hohen Chloridgehalten und besonders hohen Hydrogenkarbonatgehalten auf ($1089 \text{ mgHCO}_3^-/\text{l} = 50,0^\circ\text{dKH}$), die fast völlig als Gesamthärte vorliegen. Letzgenannte werden vermutlich auch hier durch hohe Kohlendioxid-Zutritte und gesteigerte Kalklösung im Untergrund im näheren Bereich des Vorkommens gebildet. In Bg. 431 konnte mit dem Karat-Schüttelrohr 560 mg/l gelöstes Kohlendioxid nachgewiesen werden. Mit mineralarmem Grundwasser in den Bohrungen 434 und 435 geht das Profil in den oben bereits beschriebenen Talauenbereich bei Ober-Florstadt über.

Von A s s e n h e i m bis I l b e n s t a d t wurden im Rahmen der Nidda-Regulierung 8 Grundwasserbeobachtungsbrunnen angelegt, die Aufschluß über die Grundwasserverhältnisse geben. Von diesen jeweils rechts und links der Nidda liegenden wenige Meter tiefen Bohrungen (in Höhe des Assenheimer Schlosses; unterhalb der Stadt-Mühle; in der Gemarkung Kleinfeld; unterhalb der Ilbenstädter Brücke) wies lediglich die ca. 600 m WNW des Ilbenstädter Klosters (bei R 35 85 37, H 55 85 72) liegende Bohrung mit $125 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$ bei $25,1^\circ\text{dGH}$ einen erhöhten Salzgehalt auf. Leicht erhöhte Kohlendioxidgehalte wurden dagegen mit $70,5 \text{ mg/l}$ in der Bohrung bei der Stadtmühle (bei R 35 86 77, H 55 73 40), $97,0 \text{ mg/l}$ und $88,0 \text{ mg/l}$ gelöstes Kohlendioxid in den Bohrungen im Kleinfeld (bei R 35 86 11, H 55 72 50 und R 35 86 17, H 55 72 17) festgestellt.

Im südlicheren Niddatal wurden außer einem Profil von Flachbohrungen (Bg. 436-443) zwischen dem ehemaligen N i e d e r - W ö l l s t a d t e r Sauerbrunnen und dem Ludwigsbrunnen G r o ß - K a r b e n (Beschreibungen s. Abschn. 5.3.1.1.6.) vom Autor keine Spezialuntersuchungen durchgeführt und daher Mineralwasser bzw. Kohlendioxidvorkommen an anderer Stelle nur durch Zufall bekannt.

Aus den letztgenannten Profiluntersuchungen ergab sich, daß das Grundwasser NW des Ludwigsbrunnens nur bis zu ca. 300 m Entfernung schwach erhöht mineralisiert ist. In Oberflächenwasser (schwach fließendes Sumpfwasser) wurde ca. 220 m NNW des Ludwigsbrunnens $232 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$ Chlorid, $30,2^\circ\text{dKH}$ und $42,3^\circ\text{dGH}$ festgestellt (s. Tab. 17, Q 77), was auf eine N-S-gestreckte Mineralisierungszone hinweisen könnte. Im Gegen-

satz hierzu sind in bis zu 600 m Entfernung NE des Ludwigsbrunnens unmittelbar aus dem Hangfuß austretenden Wasser mit bis zu 68 mg Cl^-/l und $25,7^\circ\text{dGH}$ als Süßwasser zu bezeichnen (s. Analysen Tab. 17, Q 75 - 77). Eine Bestimmung des gelösten Kohlendioxids war wegen des flächenhaften Grundwasseraustritts nicht sinnvoll.

Nach einer Trockenwetter-Abflußmessung vom 28.7.1969 an dem das gesamte Quellgebiet entwässernden Graben (bei R 34 83 34, H 55 68 04) weist die Umgebung des Ludwigsbrunnens einen Abfluß von 2,7 l/s auf, wobei aufgrund des festgestellten Chloridgehaltes von 2,24 mval/l die Chloridfracht 6,05 mval/s entspr. 214 mg/l beträgt. Bezogen auf die Mineralwasserspende ist dieser Betrag als Maximalwert zu betrachten, da der anthropogene Einfluß durch einen am N-Rand des Quellgebietes liegenden Müllplatz besonders hoch ist. Aus dem Vergleich mit der aus der Analyse des Ludwigsbrunnens errechneten Chloridfracht (5,3 mval/l = 188 mg/s) ergibt sich, daß die Quelle selbst den größten Teil der Mineralstoffmenge stellt, d.h. keine andere bedeutende Mineralwasseraustritte in dem Sumpfgebiet verborgen sind.

Auf dem Gelände der W Groß-Karben an der Nidda gelegenen Dögelmühle wurde im Jahre 1944 in einem 4 m tiefen Schachtbrunnen erhöht mineralisiertes Grundwasser (106 mg Cl^-/l , $26,1^\circ\text{dGH}$) erschlossen, welches der Aufstiegszone des nur ca. 400 m W entfernt gelegenen Selzerbrunnens zuzurechnen ist.

In Kloppenheim wurde im Jahre 1955 in dem von der Milchlieferungsgenossenschaft erschlossenen Bohrbrunnen ein Grundwasser mit bis zu 205 mg/l gelöstem Kohlendioxid bei sonst normaler Mineralisation erschlossen.

Ähnliche Verhältnisse liegen in der gefaßten Quelle des Wasserverbandes "Unteres Niddatal" ca. 900 m SE des Ortes vor, in der 255 mg/l gelöstes Kohlendioxid festgestellt wurden (s. Tab. 17, Q 91). Da hier der Grenzwert von 250 mg/l CO_2 überschritten wird, ist das Wasser trotz seines niedrigen Gehaltes an festen gelösten Bestandteilen als Mineralwasser zu bezeichnen. (s. Handbuch der Lebensmittelchemie, VIII, 2, S. 1052).

Zur Erschließung von Süßwasser wurde im Jahre 1955 im Gemeindebezirk R e n d e l an der Scharmühle (R 34 84 68, H 55 63 06) eine Bohrung niedergebracht. In c. 90 m Tiefe wurde jedoch Mineralwasser des Na-

trium-Hydrogenkarbonat-Typs angetroffen (s. Tab. 15, MV 57), bei dem rd. 92 % der Natrium-Ionen in Äquivalenz mit Hydrogenkarbonat-Ionen vorliegen. Der Chloridgehalt geht dagegen mit 52,2 mg/l nicht über den eines Süßwassers hinaus.

Im Erlenbachtal erbrachte eine im Jahre 1967 ca. 500 m S N i e d e r - E r l e n b a c h (R 34 79 55, H 55 62 39) ebenfalls zur Süßwassererschließung errichteter Bohrbrunnen in 99 m Tiefe Salzwasser, weshalb er bis auf 56 m Tiefe verfüllt und abgedichtet wurde. Der Mineralgehalt seines Wassers ging darauf auf 984 mg/l feste gelöste Bestandteile bei 108,9 mg/l gelöstem Kohlendioxid zurück (s. Tab. 15, MV 58).

5.3.1.2.5. Niddertal

Im Niddertal ließen sich mit Flachbohrungen Chlorid-Erhöhungen bei S e l t e r s ca. 180 m NNE des Bonifazius-Sprudels (Bg. 449) und in bis zu 350 m Entfernung vom Klosterbrunnen (Bg. 451 - 453; Quellbeschreibungen (s. Abschn. 5.3.1.1.6.) nachweisen. Die oberhalb gelegene NW Niddertal-Seite weist normal mineralisiertes Grundwasser auf (Bg. 444-448).

In der Stadt O r t e n b e r g deutet sich Mineralwasser-Einfluß mit 234 mg/l Chlorid bei nur 10,0°dGH in der "Stadtbrunnen"-Quelle an (s. Tab. 15, MV 76).

Ca. 3 km NE entfernt und vermutlich derselben tektonischen Zerrüttungszone aufsitzend fließt SE L i ß b e r g am Hang ca. 6 m über dem Niveau der Talsohle innerhalb eines vermutlich künstlich aufgestauten Sees von rd. 15 m Durchmesser eine stark schüttende (ca. 20 l/s) Quelle aus. Das Empordringen des Wassers ist, insbesondere am S-Rand des Sees, mit dem Aufstieg von Gasblasen verbunden. Die Vermutung, daß es sich dabei um Kohlendioxid handelt liegt nahe, doch ist die Menge des im Wasser gelösten Kohlendioxids mit 44 mg/l vergleichsweise sehr gering. Handelt es sich nicht um ein anderes Gas, müßte der Zutritt des Gases zur Hauptmenge des Quellwassers in verhältnismäßig geringer Tiefe erfolgen, wodurch der zum Lösungsvorgang notwendige Zeitraum fehlte.

Der Salzgehalt des Wassers weist mit 255 mg Cl⁻/l und äquivalent hohem Alkaligehalt bei im übrigen geringer Mineralisierung (Analyse s. Tab. 15, MV 86) auf den Einfluß chloridischen Mineralwassers hin. Dieser

wird besonders bei Betrachtung der durch die Quelle transportierten Stoffmenge deutlich. Die Salzfracht beträgt infolge der hohen Schüttung 13,9 g/s und ist daher mit Ausnahme der 3 Bad Nauheimer Sprudel, des Bad Nauheimer Karlsbrunnens sowie des Benediktussprudels in Selters höher als bei allen übrigen im Arbeitsgebiet austretenden Einzelquellen. Die Lißberger Quelle ist daher in ihrer Bedeutung den Mineralquellen zuzuordnen (s. auch Abschn. 5.3.3.7.).

Auf den Einfluß tiefgründig zirkulierenden Grundwassers weist auch die mit $14,2^{\circ}\text{C}$ um rd. 6°C über dem Jahresmittel der Lufttemperatur liegende Wassertemperatur hin.

Die beschriebene, in jüngerer Zeit bezüglich ihrer Besonderheit unbekannt gebliebene Quelle, ist vermutlich identisch mit dem bereits von KLIPSTEIN (1790, S. 30) erwähnten "kleinen See, dessen Wasser eine nähere Untersuchung verdient", und das "die benachbarten Müller zu Wintersonaten auf die Muhlgräben leiten und erwürken dadurch, daß sie selten einfrieren ...". Möglicherweise bezieht sich u.a. auf sie auch der kurze Hinweis von LUDWIG (1852, S. 51) auf "schwache Säuerlinge, welche bei Lißberg (Nidda und Ortenberg) in der Nähe des Basaltes zu Tage kommen", die wenige Jahre später nach JOCHHEIM (1858, S. 132) jedoch bereits zugeworfen gewesen sein sollen. Auch SCHOTTLER (1937, S. 13) erwähnt ohne genauere Ortsangabe eine "schwach thermale Quelle" bei Lißberg.

Erhöhte Salinität wiesen auch die auf Bl. 5620 Ortenberg gelegenen Tiefbohrungen des "Zweckverband Oberhessische Versorgungsbetriebe" Hirzenhain (Lage: R 35 09 36, H 55 83 81; 745 m tief), Ortenberg - Kennelwiesen (Lage: R 35 05 15, H 55 81 17, 186,50 m tief), Ransstadt (Lage: R 35 00 82, H 55 80 78; 184 m tief) und Bleichenbach - Steinberg (Lage: R 35 02 74, H 55 76 34; 260,50 m tief) auf. Analysen standen dem Verfasser nicht zur Verfügung.

Altenstadt

Die in größerer Entfernung von bekannten Mineralwasservorkommen niedergebrachte, 373,5 m tiefe Bohrung Altenstadt (NÖRING 1951 a) erschloß ein mineralarmes Wasser (592,56 mg/l feste gelöste Bestandteile) des Typs "Natrium - Hydrogenkarbonat- Chlorid - Wasser" (Analyse s.Tab.15,

Nr. 74), in dem mindestens 4,6 mval/l Hydrogenkarbonat, entspr. rd. 80 % des Hydrogenkarbonates in Äquivalenz mit Alkalien auftritt und damit einen hohen Ionenaustausch-Grad aufweist. Der Wasserchemismus dürfte mit einem ehemals oder noch heute in näherer Umgebung bzw. größerer Tiefe vorhandenen Salzwasser in genetischem Zusammenhang stehen (vgl. SCHWILLE 1953, HECHT 1964; s. auch Abschnitt 5.3.2.).

5.3.2.1. Hydrochemische Verhältnisse der Mineralquellen auf Bl. 5618 Friedberg (Bad Nauheim, Schwalheim, Steinfurth, Rosbach) sowie in Bad Salzhausen; Vorgänge im Untergrund der Mineralwasseraustritte

Wie bereits aus den kurzen Angaben über Konzentration und Charakteristik der einzelnen Mineralwässer bei der Beschreibung der natürlichen und künstlichen Austritte (s. Abschn. 5.3.1.1.) deutlich wird, sind diese in ihrer physikalischen und chemischen Beschaffenheit in der Wetterau außerordentlich verschieden. Dies ist auf die Wechselwirkung der im Untergrund wandernden und örtlich aufsteigenden Mineralwässer mit dem Nebengestein und der von oben nach unten eindringenden vadosen Süßwässer zurückzuführen.

Der Nachweis derartiger Vorgänge ist am besten an nahe benachbarten Mineralwasservorkommen zu erbringen, da bei ihnen ein gemeinsamer Ursprung der Ausgangslösung am sichersten angenommen werden kann. Die Genauigkeit der Aussage über ablaufende Reaktionen im Untergrund der Grundwasseraustritte wächst dabei mit der räumlichen Dichte der vorliegenden Analysen. Erst nach solchen Betrachtungen erscheint es angebracht, auf Grund der Erfahrungen auf die Vorgänge im Untergrund des größeren Raumes zu schließen.

Im folgenden Abschnitt werden daher vor Behandlung der großregionalen Übersicht (s. Abschn. 5.3.3.) als Beispiele zunächst die chemischen Verhältnisse der Mineralwässer von Bad Nauheim und seiner näheren Umgebung sowie derjenigen von Bad Salzhausen genauer untersucht, da in diesen Orten das ausführlichste Analysenmaterial zur Verfügung steht (s. Abschnitt 5.3.1.).

Um eine gewisse Gleichzeitigkeit der Betrachtung zu erreichen, wird dabei jeweils von den jüngsten, in verhältnismäßig kurzem Zeitraum, d.h. innerhalb weniger Jahre durchgeführten Analysen ausgegangen. Der Be-

griff der "Gleichzeitigkeit" ist hierbei jedoch nur mit Vorbehalt anzuwenden, da z.B. umfangreiche Untersuchungen von WEISS (1872) und MÜLLER (1951) zeigten, daß - ähnlich den an Süßwasser-Quellen beobachteten Veränderungen (HÖLL 1965, MATTHESS & HAMANN 1966) - bereits innerhalb eines Jahres bei einem Mineralwasser erhebliche Konzentrationsschwankungen auftreten können (z.B. bei Sprudel XII 4,5 - 3,7 % im Jahr - WEISS 1872). Die von ihnen gesammelten Erfahrungen sind jedoch auch nur mit Einschränkung zu verallgemeinern, da ihre Serienuntersuchungen zur Zeit künstlicher Eingriffe in das Bad Nauheimer Mineralwassersystem (bis 1959 wurde Sprudel XII im Winter abgestellt) durchgeführt wurden und nach WEISS die Veränderungen nachweislich von diesen Eingriffen abhängen. Eine Auswertung der (nach Beendigung der Regulierung) unbeeinflussten langjährigen Mineralwasserbeobachtung ist in Vorbereitung (freundl. mündl. Mitteilung von Herrn Dr. Müller, Bad Nauheim, im Jahre 1970).

In B a d N a u h e i m s Sprudel XII tritt das mit einem Gesamtlösungsinhalt von rund 34 g/kg am höchsten konzentrierte (und - da sein Natrium-Chlorid-Gehalt die 240-mval/kg-Grenze übersteigt - als Sole zu bezeichnende) Mineralwasser der Wetterau zutage (Analyse s. Tab. 15, MV 23). Geht man von der Chlorid-Konzentration dieses Wassers aus, so sind in fast kontinuierlichem Übergang in Bad Nauheim selbst Mineralwässer in Verdünnungen bis auf das 47-fache (Ludwigsbrunnen), in Schwalheim bis auf das 27-fache, in Wisselsheim-Steinfurth bis auf das 23-fache, in Schwalheim-Dorheim bis auf das 152-fache und in Rosbach auf das 228-fache alle Übergänge vorhanden. Hierbei werden neben den absoluten auch die relativen Gehalte der übrigen Ionen z.T. sehr stark verschoben (s. Vergleich der mval%-Werte in Tab. 7).

Der Chemismus der höchstkonzentrierten Wässer ist durch das starke Überwiegen des Natriums (82,97 mval%) und Chlorids (93,63 mval%) bei einem erheblich geringeren Gehalt an Calcium (12,90 mval%) und Hydrogenkarbonat (6,18 mval%) charakterisiert. Die übrigen Ionen, mit Ausnahme des Kaliums (1,68 mval%) und des Magnesiums (1,90 mval%), sind mit Gehalten weit unter 1 mval% vertreten und damit nur in Spuren vorhanden.

Tab. 7 Verteilung der Ionenanteile (in mval%) der Mineralwässer auf Bl. 5618 Friedberg (In Klammern stark aus der Reihe fallende Werte).

Ion	mval%		
Natrium	82,97	-	35,62 (18,73 Rosbacher Brunnen)
Kalium	2,51	-	1,55 (0,50 " ")
Calcium	45,67	-	12,90 (4,40 Selzerbrunnen/Wettertal)
Magnesium	19,36	-	1,90 (34,44 Rosbacher Brunnen)
Eisen	0,44	-	0,10
Chlorid	93,63	-	34,60 (19,58 " ")
Hydrogenkarbonat	78,72	-	6,18
Sulfat	4,55	-	0,17

Der Mineralbrunnen mit dem geringsten Chlorid-Gehalt (Rosbacher Brunnen) zeigt bereits die Charakteristik eines in kalkreichen Schichten zirkulierenden Süßwassers, bei dem sich die Verwandtschaft mit dem Natrium-Chlorid-Wasser in einer schwachen - unter 20 % mval% liegenden - Erhöhung dieser Ionen andeutet.

Abb. 17
Diagramm (nach SCHOELLER) der Mineralwässer auf Bl. Friedberg

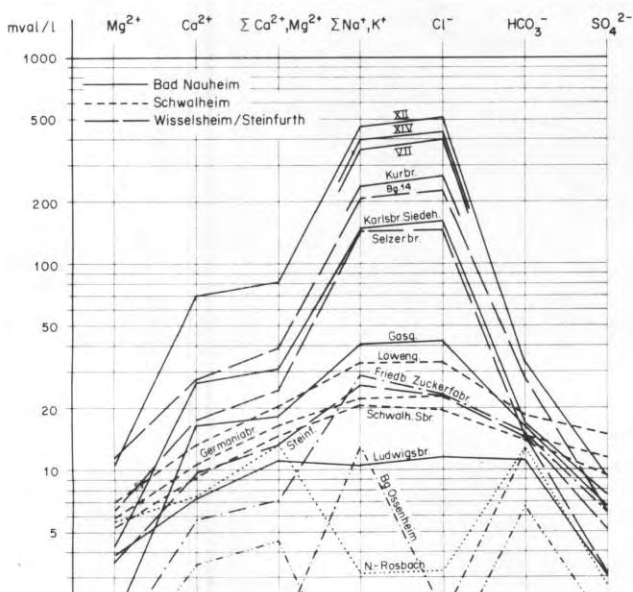
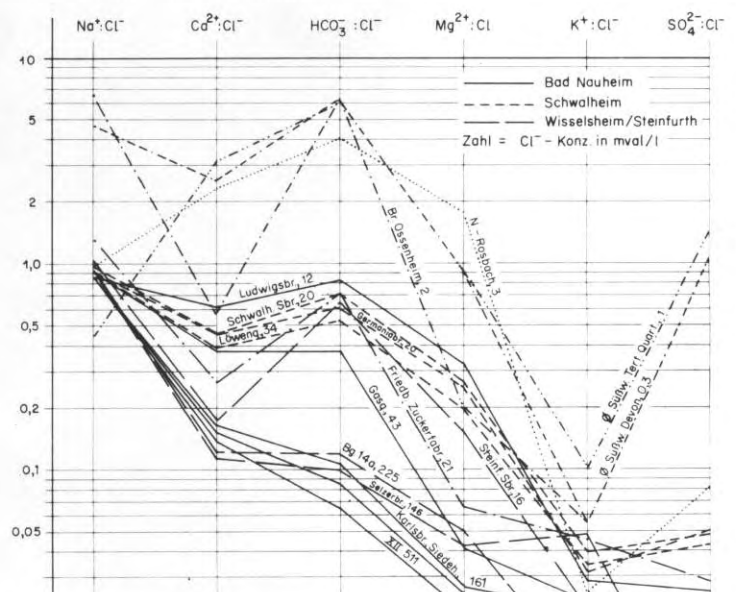


Abb. 18
Die Chlorid-Verhältnisse der wichtigsten Mineralwässer auf Blatt Friedberg



Aus der graphischen Darstellung sowohl der absoluten Gehalte nach SCHOELLER (Abb. 17) als auch der auf den Chlorid-Gehalt bezogenen relativen Ionen-Gehalte (Abb. 18) läßt sich ableiten, daß bei den in ihrer Konzentration zwischen den genannten Extremen Sole/Süßwasser liegenden Mineralwässern auch die übrigen Ionen überwiegend kontinuierlich Übergänge bilden. Die bedeutendste Veränderung der in der Tiefe herzufließenden Sole vollzieht sich folglich durch V e r d ü n - n u n g mit oberflächennah entstandenen mineralstoffärmeren "süßen" Grundwässern.

Die geringste Veränderung des Chlorid-Verhältnisses weisen im Mineralwasserbereich prozentual überwiegend die Natrium-Ionen mit Werten zwischen 0,88 (Sprudel XIV) und 1,33 (Wetterauer Zuckerfabrik) auf. Das Kalium/Chlorid-Verhältnis verschiebt sich im Vergleich wesentlich stärker, wobei jedoch auf die bereits in der Sole bestehenden geringen Absolut-Gehalte, welche bei zunehmender Verdünnung die Anfälligkeit zu Verschiebungen verstärken, hingewiesen werden muß. Die Verschiebung des Verhältnisses steigt bei den Erdalkalien (Magnesium 0,02 - 1,77, Calcium 0,14 - 2,34) erheblich an und erreicht das Maximum bei den in höherer Konzentration enthaltenen Ionen beim Hydrogenkarbonat (0,07 - 4,03). Wie bei Kalium ist die starke Verschiebung bei Sulfat (0,0018 - 0,1313) darauf zurückzuführen, daß bei dem niedrigen Absolutgehalt eine Beimischung von gering Sulfat-haltigen Verdünnungswässern das Sulfat/Chlorid-Verhältnis stark verschieben kann.

Aus der Feststellung, daß sich die Chloridverhältnisse der Mineralwässer umso stärker verschieben, je höher die relativen Gehalte im verdünnenden Süßwasser sind, läßt sich zusammenfassend ableiten, daß die betrachteten Mineralwässer durch Vermischung einer Sole vom Typ des Sprudels XII mit Natrium-, Kalium- und Sulfat-armen, jedoch Calcium-, Magnesium- und Hydrogenkarbonat-reichen Wässern entstanden sind.

In Abb. 17 und Abb. 18 stellt jedoch nicht jede der eingetragenen Kurven den Übergang von der nächsthöheren zur nächsttieferen dar. Die Veränderung der Ionenkonzentration ist daher nicht in jedem Fall proportional dem Verdünnungsgrad der Sole. Besonders deutlich fallen aus der Kontinuität der Verdünnungsreihe die Wässer der Wetterauer Zuckerfabrik in Friedberg, des Steinfurthers Sauerlings und der Bohrung W Ossenheim heraus. Außer Verdünnungsvorgängen sind folglich noch ande-

re Prozesse beteiligt. Sie lassen sich in Verbindung mit den Abbildungen 17 und 18 am genauesten mit Hilfe der in Abschn. 5.1.3. erläuterten Verdünnungsberechnungen untersuchen. Die bei dieser Berechnungsmethode in Bad Nauheim sich ergebenden Analysenbilder der "verdünnenden Wässer" (s. Tab. 8) sind in ihren Ionenverhältnissen denen von Süßwässern zwar ähnlich, lassen sich jedoch nicht unmittelbar einem aus der Umgebung bekanntgewordenen Süßwassertyp zuordnen. Besonders auffällig sind ihre hohen Gehalte an Calcium und Hydrogenkarbonat. Nach den an Quellen vorgenommenen Untersuchungen weisen Süßwässer der zentralen Wetterau Hydrogenkarbonat-Gehalte zwischen 1,7 und 8,4 mval/l (Mittelwert 5,4 mval/l) auf. Gehalte von Wässern aus Devongesteinen liegen weit darunter (vgl. Abschn. 5.2.). Da in Bad Nauheim die Hydrogenkarbonatgehalte zum großen Teil um das 2- bis 5-fache höher liegen, muß hier eine zusätzliche Erhöhung der Gehalte dieses Ions erfolgen. Bei der Höhe der vorliegenden Gehalte an gelöstem Kohlendioxid ist ein solcher Vorgang durch **K a l k l ö s u n g** aus dem Nebengestein zwanglos erklärbar.

In den einander dicht benachbarten Sprudeln VII und XIV tritt gegenüber dem dazwischenliegenden Sprudel XII eine relative Hydrogenkarbonat-Erhöhung von 26,98 und 27,70 mval/l ein. Daß diese besonders erhöhten Gehalte einem aus größerer Entfernung hinzuströmenden Wasser entstammen, ist unwahrscheinlich, da bereits die nur ca. 100 m entfernt gelegene Gasquelle von einem Wasser wesentlich geringeren Hydrogenkarbonatgehaltes (14,66 mval/l) verdünnt wurde und auch alle anderen Bad Nauheimer Quellen wesentlich niedriger konzentrierte verdünnende Wässer aufweisen. Die starke Hydrogenkarbonat-Anreicherung (und äquivalente Anreicherung an Erdalkalien) muß demnach durch Kalkauflösung im nächsten Umkreis der Sprudelfassungen VII und XIV erfolgen.

Die bei diesem Vorgang von den Sprudeln VII und XIV aus dem umgebenden Untergrund jährlich herausgelöste Gesamtmenge an Calciumkarbonat ergibt sich aus der folgenden Rechnung:

	Sole Schüttung	davon "verdünnendes Wasser"
Sprudel VII	4,38 l/s	0,57 l/s
Sprudel XIV	4,95 l/s	1,02 l/s
		<hr/> 1,59 l/s

Da der Mittelwert selbst harter Wässer in der Wetterau nur ca. 5 mval/l Hydrogenkarbonat beträgt und im Einzelfall auch 7 mval/l selten übersteigt (vgl. Abschn. 5.2.), wurden von den in diesen 1,59 l/s "verdünnenden Wasser" enthaltenen Hydrogenkarbonat- (27,70 bzw. 26,98 mval/l) und äquivalenten Erdalkali-Gehalten mindestens 20 mval/l aus dem Untergrund gelöst. Bezogen auf CaCO_3 entspricht dies einer Menge von

$$\begin{aligned} 20 \text{ mval/l} \times 50,045^{1)} &= 1000,9 \text{ mg CaCO}_3/\text{l} \\ \text{Fracht:} & 1,5 \text{ g CaCO}_3/\text{s} = 47 \text{ t/a} \\ \text{bei D} = 2,7: & 17 \text{ m}^3 \text{ CaCO}_3/\text{a} \end{aligned}$$

Das Volumen des jährlich aus dem Untergrund der Quelfassungen Sprudel VII und XIV gelösten Kalksteins beträgt also mindestens 17 m^3 . Es ist anzunehmen, daß auch das Wasser des Sprudels XII eine ähnlich starke Anreicherung durch Kalklösung erfährt, der Gesamtwert der gelösten Menge also wesentlich höher ist. Die durch Kohlendioxid-Einwirkung im Umkreis der Mineralquellen verursachte Aufhärtung läßt sich daher nicht genau angeben, so daß auch eine genaue Mengenermittlung des gelösten Kalksteins nicht möglich ist

Starke Lösungsvorgänge sind auch bei den Mineralwässern von Schwalheim und Wisselsheim-Steinfurth anzunehmen, da z.B. der $(\text{c}_2^-)\text{HCO}_3^-$ -Gehalt der Löwenquelle mit 22,40 mval/l ($62,7^\circ\text{dKH}$) weit über dem üblichen HCO_3^- -Gehalt der Wetterauer Mineralwässer liegt (vgl. Abschn. 5.2.).

Wie aus Abb. 4 und 5 zu erkennen ist, stimmen die Konzentrationen der Chloride und der Hydrogenkarbonate im Wettertal in Höhe des Hofes Löwenthal nicht überein. Die Hydrogenkarbonat-Gehalte steigen örtlich stärker als die Chlorid-Gehalte an, woraus auf eine Aufhärtung durch Lösungsvorgänge im Bereich der Talfüllung geschlossen werden muß.

Bei den Erdalkalien besteht in Bad Nauheim ein deutlicher Unterschied zwischen der Gruppe der Sprudel VII, XIV sowie der Gasquelle mit recht hohen c_2 -Gehalten einerseits (von 11,39 mval/l - 29,40 mval/l Ca^{2+}) und der Gruppe der übrigen, südlicher gelegenen Quellen mit verhältnismäßig niedrigen (8,72 - 6,0 mval/l Ca^{2+}) c_2 -Gehalten andererseits. Das Verhältnis $\text{c}_2\text{Ca} : \text{c}_2\text{Mg}$ liegt bei ersteren zwischen 100 und 10, bei letzteren zwischen 3,9 und 1,6. Außer bei Sprudel XIV und dem Ludwigsbrunnen ist die Menge der Erdalkalien etwas niedriger als die Menge der c_2HCO_3^- -Ionen, d.h. ein Teil der c_2HCO_3^- -Ionen sind an Alkalien gebunden. Dieser Anteil ist bei den Quellen Sprudel VII (0,6 %) und Kurbrunnen (1,6 %) sehr gering, wächst jedoch über Siedehausquelle (9,4 %) und Gasquelle (14,5 %) zum Karlsbrunnen (15,5 %) merklich an. Die Ursache ist

¹⁾ Äquival.-Gew. d. CaCO_3

in Ionenaustauschvorgängen zu suchen, die mit abnehmender Ionenkonzentration begünstigt werden (SCHWILLE 1953). Im vorliegenden Falle ist eine direkte Proportionalität der Austauschintensität mit der Ionenkonzentration des zugehörigen c_3 -Mineralwassers deutlich zu erkennen, so daß es wahrscheinlich ist, daß der Ionenaustausch nach dem Verdünnungsvorgang stattgefunden hat. Ionenaustauschvorgänge könnten auch der Grund für die in Sprudel XIV und XII auftretenden negativen c_2Na^+ -Werte, d.h. für den Verlust an diesem Ion sein. Die geringer konzentrierten Quellen weisen dagegen mit Werten von 0,71 mval/l und 3,56 mval/l höhere Natrium-Gehalte auf, als sie normalerweise in Süßwässern beobachtet werden oder aus Auflösung der in der Umgebung auftretenden Gesteine entstehen könnten. Bemerkenswert ist, daß gerade die Wässer mit hohen Natriumgehalten bezüglich der HCO_3^- -Konzentration ein Erdalkali-Defizit aufweisen. Der Natrium-Reichtum dürfte also auf Austausch gegen Erdalkalien zurückzuführen sein.

Betrachtet man das Wasser des Selzerbrunnens im Wettertal als ein Verdünnungsprodukt einer Sole vom Typ des Bad Nauheimer Sprudels XII, so haben auch bei seinem Wasser erhebliche Reduktionen der Erdalkalien und eine entsprechende Anreicherung an Alkalien stattgefunden. Entsprechende Verhältnisse liegen beim hochkonzentrierten (233 mval/l Cl^-) Mineralwasser der Flachbohrung 204 in der Talmitte W des Steinfurth Sauerlings vor. Beide Beispiele widersprechen der Annahme eines Fehlens von Ionenaustausch bei hohen Natrium-Chlorid-Konzentrationen. Bei direkter Betrachtung der Analyse fallen diese Vorgänge jedoch nur wenig auf, da die Menge der ausgetauschten Ionen in Anbetracht der hohen Gesamtkonzentration nur einen geringen Anteil ausmacht.

Die einzigen natürlichen Mineralquellen, deren Wasser in der Analyse einen höheren HCO_3^- - (Äquivalenz-)Gehalt als Erdalkaligehalt aufweisen und daher Natriumhydrogenkarbonat enthalten, sind der Steinfurth Sauerbrunnen und der Schwalheimer Sauerling. Bei erstgenanntem beträgt die Menge des an Alkali gebundenen HCO_3^- 2,09 mval/l (=14 %), bei letztgenanntem 0,50 mval/l (= 4 %).

Häufiger wurden jedoch bei nicht in Quellen austretendem Grundwasser derartige Verhältnisse angetroffen. So wiesen neben der in Abschn.5.3.1.2.2. genannten Bohrung Bg. 251 (s.auch Tab. 15, MV 33) im Wettertal SW Ossenheim 23 weitere Flachbohrungen zwischen Wisselsheim und Steinfurth Wässer mit geringerer Gesamthärte als Karbonathärte, d.h. alkali-betonte Verhältnisse auf (vgl. Tab. 18 und Abb. 9).

Tab. 8 Ionenkonzentrationen (c_2 -Werte) der "verdünnenden Wässer" von

Lfd. Nr.	Q l	$c_2\text{Na}^+$ mval/l	$c_2\text{K}^+$ mval/l	$c_2\text{Ca}^{2+}$ mval/l	$c_2\text{Mg}^{2+}$ mval/l	$c_2\text{HCO}_3^-$ mval/l	$c_2\text{SO}_4^{2-}$ mval/l	$c_2\text{Cl}^-$ mval/l
a) Bad Nauheim, Schwalheim, Steinfurth (bezogen auf Sprudel XII; $c_1\text{Cl}^- = 511,2$ mval/l)								
1. Sprudel XIV	0,1527	-5,24	2,42	29,40	2,49	27,70	0,41	1,00
2. Sprudel VII	0,2588	-1,78	1,77	26,54	0,26	26,98	0,29	1,00
3. Kurbrunnen	0,9380	1,58	0,67	8,72	2,21	11,11	0,31	1,00
4. Siedehausquelle	2,1469	2,18	0,82	7,20	1,84	10,04	0,66	1,00
5. Karlsbrunnen	2,1839	2,68	0,79	6,62	1,57	9,65	0,58	1,00
6. Gasquelle	11,243	3,56	0,27	11,39	1,14	14,66	0,75	1,00
7. Ludwigsbrunnen	45,98	0,71	0,16	6,00	3,74	9,49	0,29	1,00
8. Löwenquelle	14,2719	2,97	0,69	9,66	6,86	17,74	1,54	1,00
9. Schwalheimer Säuerling	26,023	2,63	0,57	6,95	5,05	13,29	0,96	1,00
10. Germaniabrunnen	21,938	1,65	0,36	8,03	5,69	13,86	1,18	1,00
11. Steinfurther Säuerling	22,076	6,02	0,21	6,92	3,33	14,57	0,27	1,00
12. Selzer Brunnen	2,5130	9,04	6,72	-3,45	4,82	7,50	0,36	1,00
13. Steinfurth, Bg., MV 13	1,2764	23,00	-3,26	-5,37	12,15	22,40	0,40	1,00
b) Bad Salzhausen (bezogen auf Solquelle III; $c_1\text{Cl}^- = 259,1$ mval/l)								
1. Solquelle I	1,3058	-7,056	0,037	10,86	9,32	8,25	3,11	1,00
2. Sole-Neubohrung	1,4243	-9,86	1,50	9,73	12,13	8,59	3,28	1,00
3. Solquelle V	1,4252	-3,06	-0,484	2,31	8,32	5,54	0,45	1,00
4. Solquelle VI	1,5964	0,54	-0,67	3,60	6,63	4,52	4,47	1,00
5. Schwefelquelle	1,8528	-9,78	-0,89	10,05	10,29	6,26	2,62	1,00
6. Lithiumquelle	2,1240	4,47	4,55	-1,09	-3,36	4,54	0,67	1,00
7. Stahlquelle	18,0996	1,47	0,10	2,51	1,50	5,45	-0,50	1,00

Das im Jahre 1967 in einer ca. 153 m tiefen, zur Süßwassererschließung niedergebrachten Bohrung der Wetterauer Zuckerfabrik in Friedberg erschlossene stark mineralisierte Grundwasser wies (Analyse s. Tab. 15, MV 35) 8,52 mval/l (= 54 %) HCO_3^- in alkalischer Äquivalenz auf. Aus der graphischen Darstellung (Abb. 17) ist rekonstruierbar, daß es aus einem, dem Wasser des Germaniabrunnens bei Dorheim nahezu identischen Mineralwasser entstanden ist, indem ca. 8 mval der Erdalkalien gegen Alkalien ausgetauscht wurden, die nunmehr deutlich im Überschuß vorhanden sind und das Natrium/Chlorid-Verhältnis von 0,917 auf 1,334 ansteigen ließen.

In einer Flachbohrung im Wettertal SW Ossenheim (s. Tab. 15, MV 21) wurde ein Austauschwasser angetroffen, in dem bei einem Chlorid-Gehalt von nur 2,00 mval/l und einem Hydrogenkarbonat-Gehalt von 12,67 mval/l 11,13 mval/l (88 %) der Hydrogenkarbonat-Ionen an Alkali gebunden sind. Obwohl das Wasser mit einem Lösungsinhalt von 1233,9 mg/l als Mineralwasser zu bezeichnen ist, zeigt es bei derartig geringem Chlorid-Gehalt kaum noch Spuren eines Mineralwassers des Natrium-Chlorid-Typs. Da aber Natrium-Gehalte von 13,33 mval/l in dieser Lokalität wahrscheinlich weder durch Lösung aus dem Gestein, noch durch menschliche Einflüsse eingebracht worden sein dürften, muß sich hier eine Änderung im Natrium-Chlorid-Gehalt vollzogen haben. Es ist vorstellbar, daß ehemals ein Natrium-Chlorid-reiches Mineralwasser die oberflächenaktiven Teile des Untergrundes mit Alkali-Ionen belegte, welche später nach Verdrängung des Natrium-Chlorid-Wassers durch erdalkalireiches Hydrogenkarbonat-Wasser die Alkali-Ionen unter Bindung der Erdalkali-Ionen wieder **abgaben**.

Über den **Z e i t r a u m** derartiger Vorgänge lassen sich keine Angaben machen. Für tiefe Grundwässer vermutet SCHWILLE (1953) langfristige geologische Zeiträume, in denen sich großräumige Veränderungen der Grenze zwischen versalzenem Grundwasser und süßem Grundwasser vollziehen. Bei dem im Wettertal nachgewiesenen engen Nebeneinander von Natriumhydrogenkarbonat-haltigen und alkalischen mineralisierten Wässern verschiedener Verdünnung erscheint es jedoch möglich, daß hier in kurzfristigem, vermutlich stellenweise sogar jahreszeitlichem Wechsel, je nach den durch meteorologische und hydrogeologische Bedingungen verursachten Konzentrationsverhältnissen, eine Abgabe oder Rücknahme der Ionen im Sediment erfolgt.

Am Selzerbrunnen wurde in der 25 m NW des Quellteiches gelegenen Handbohrung Bg. 69 mit 84,1°dGH und 60,8°dKH normal erdalkalisches Wasser festgestellt und nur 17 m weiter NW in Bg. 67 mit 28,3°dGH und 49,4°dKH Alkali(Natrium-)hydrogenkarbonat-haltiges Wasser nachgewiesen. Vergleichbare Verhältnisse herrschten SW des **Selzerbrunnens**, wo in der Bohrung Bg. 73 in 10 m Entfernung vom Quellteich 38,0°dGH bei 60,3°dKH und in weiteren 15 m Entfernung (Bg. 74) 20,8°dGH bei 18,6°dKH festgestellt wurde.

Obwohl im letzteren Beispiel möglicherweise durch heute nicht mehr sichtbare menschliche Eingriffe (Grabungen für ehemalige Salinenbauten und Quellfassungen) im näheren Umkreis des **Selzerbrunnens** gestörte Fließwege entstanden sein könnten, zeigen diese Beispiele, daß auf engstem Raum Wasser verschiedener Ionen-Verhältnisse auf wenigen Metern Entfernung auftreten können. Wäre dieses Grundwasser nicht kurzfristigen chemischen Veränderungen unterworfen, so müßten sich infolge Vermischung durch Grundwasserbewegung und Ionen-Diffusion auf größerem Raum einheitliche chemische Verhältnisse entwickeln. Das aus der Tiefe empordringende hochkonzentrierte Mineralwasser bringt eine wesentlich geringere Konzentration von alkali-gebundenem Hydrogenkarbonat mit, weshalb die zu den Analysenbildern von Bg. 67, 69 und 73 führenden Austauschvorgänge an Ort und Stelle stattgefunden haben müssen und dort ständig Alkali-Ionen entfernen bzw. Erdalkali-Ionen eingeben. Infolge des Gefälles zum wenige Meter entfernt gelegenen Vorfluter (Wetter) ist eine verhältnismäßig schnelle Fließbewegung und damit Abfuhr von Lösungstoffen anzunehmen. Soll der Ionenaustauscher nicht in kurzer Zeit ermüdet sein, muß in gewissen Abständen eine neue Zufuhr (Regeneration) des auszutauschenden Ions erfolgen.

Solche Vorgänge könnten auch die Ursache der bei Steinfurth in Bg. 195 und 201 vorgefundenen sehr verschiedenen Kalium-Gehalte sein (zu Bohrung 195 Vollanalyse s. Tab. 15, MV 9: 0 mg/l K⁺ bei 4102 mg/kg festen gelösten Bst.; zu Bg. 201 Vollanalyse s. Tab. 15, MV 10: 357 mg/l K⁺ bei 4994 mg/kg festen gelösten Bestandteilen), da Kalium von allen betrachteten Ionen am empfindlichsten auf das Vorhandensein austauschaktiver Stoffe reagiert. In diesem Falle befindet sich das Wasser in Bg. 195 derzeit im Stadium der stärkeren Ionen-Abgabe, wogegen der außergewöhnlich hohe (höchster bisher in der Wetterau im Grundwasser festgestellter Wert) Kalium-Gehalt in Bg. 201 auf verstärkte Kalium-Abgabe

hindeutet. Kalium-Reichtum durch Überdüngung ist allerdings - auch im Hinblick auf den vorliegenden hohen Sulfatgehalt - nicht auszuschließen, obwohl die Oberfläche zur Zeit mit einer Wiese bewirtschaftet ist, die nach Auskunft des Besitzers nur einmal im Jahr gedüngt wird.

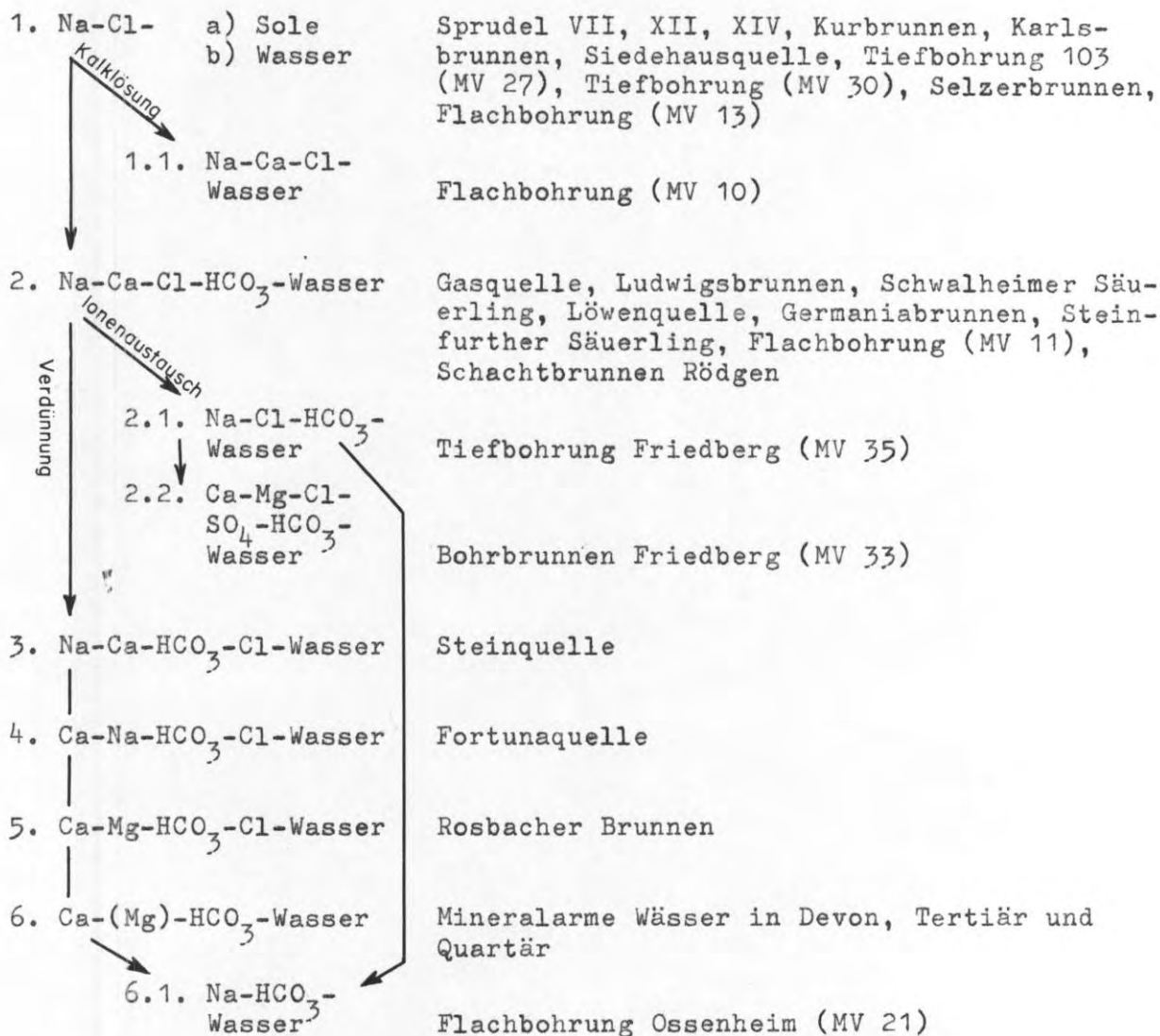
Eine Besonderheit stellt das Wasser dar, das im Gemeindebezirk Friedberg bei der Erbohrung eines Brunnens in 10,0 m Tiefe angetroffen wurde. (Analyse s. Tab. 15, MV 33). Bei einem Cl^- -Gehalt von 9,37 mval/l übersteigt die Summe der Erdalkalien (25,20 mval/l) die Summe der HCO_3^- -, SO_4^{2-} - und NO_3^- - Äquivalente (15,30 mval/l) um 9,90 mval/l. In dieser Menge muß daher im Verhältnis mehr Erdalkali an Cl^- gebunden sein als dies in Bad Nauheim der Fall ist. Bezogen auf Calcium entspricht dies einer Menge von 1099 mg CaCl_2 . Da CaCl_2 in den Gesteinen der Wetterau nicht vorkommt, müssen auch hier Ionenaustauschvorgänge bei der Entstehung beteiligt gewesen sein. Der geringe Alkali-Gehalt (in der vorliegenden Analyse nicht bestimmt, jedoch aus der Ionenbilanz annähernd errechenbar¹⁾), weist zusätzlich darauf hin, daß Erdalkali-Ionen durch Anlagerung von Alkali-Ionen am Austauscher freigemacht wurden.

Nach ØDUM & CHRISTENSEN (1936, S.165) ist das Wasser als R e g e n e r a t i o n s w a s s e r zu bezeichnen.

Bezüglich der Mineralwasser-C h a r a k t e r i s t i k lassen sich (bei Ausklammerung der typisierenden Temperaturen und Kohlensäuregehalte) aufgrund der oben angeführten Überlegungen die meisten Mineralwäs-

1) Der aus der Ionenbilanz errechnete Gehalt an Alkali ist 0, was auf falsche Analyse oder Druckfehler bei der Niederschrift der Analyse hinzuweisen scheint. Die Unterlagen des Analysenvorganges wurden jedoch freundlicherweise von der Analytikerin, Frau L. Drechsler, geb. Siegert (heute Bad Nauheim), die die Proben auch selbst am Bohrloch entnommen hat, nochmals untersucht und als zuverlässig bezeichnet. Die Differenz ist möglicherweise auf zu niedrige Bestimmung des (problematischen) SO_4^{2-} -Ions zurückzuführen. Zur Kontrolle wurde am 10.6. 1969 durch den Verf. aus dem Brunnen nach Abpumpen von ca. 600 l eine weitere Probe entnommen, die bei 4,36 mval/l Chlorid einen Erdalkali-Chlorid-Gehalt von nur 2,02 mval/l aufwies. Die unterschiedlichen Analysenbilder könnten auf einen, vermutlich vor der ersten Probenahme durchgeführten, längeren Pumpversuch zurückzuführen sein, durch den Wasser aus größerer Entfernung zur Brunnenfassung herbeigezogen wurde. Die Besonderheit der hydrogeologischen Verhältnisse wurde jedoch durch beide Analysen bestätigt.

ser des Bl. Friedberg in eine, durch Vermischung der hochkonzentrier-
ten Sole mit Süßwasser und örtlich gelösten Kalkbestandteilen verur-
sacht kontinuierliche Mischungsreihe (senkrechter Pfeil) zwischen dem
Na-Cl-Typ und dem Ca- (Mg)-HCO₃-Typ einordnen:



Ein bis zur Veränderung des Typs reichender Einfluß der örtlichen Kalk-
lösung tritt im Bereich hoher Chlorid-Konzentration nur bei dem Wasser
MV 10 (Tab. 15) ein, das hierdurch vom Typ 1. zum Typ 1.1. abgewandelt
wird.

Die im Schwalheimer und Steinfurther Sauerbrunnen auftretenden Ionen-
austauschvorgänge sind zu schwach ausgeprägt, um zur Abänderung des
Typs zu führen. Verstärkter Ionenaustausch führt in Abwandlung des Typs
2 zum Typ 2.1.. Dieser kann als Übergangsglied des bei weiterer Verdün-
nung (und evtl. verstärktem Ionenaustausch) entstehenden Typs 6.1. be-
trachtet werden.

Das als $\text{Ca-Mg-Cl-SO}_4\text{-HCO}_3$ -Wasser zu charakterisierende Friedberger Brunnenwasser (Tab. 15, MV 33) entspricht einem aus Typ 2. entstandenen Regenerationswasser, das jedoch zusätzlich eine $(\text{Ca-})\text{-SO}_4$ -Anreicherung erfahren hat.

Die Gehalte der Bad Salzhausener Mineralquellen an festen gelösten Stoffen bewegen sich zwischen rd. 17 g/kg (Solquelle III, bei $2 \times 287,5$ mval/kg) und rd. 8 g/kg (Lithiumquelle, bei 138,7 mval/kg Ionenkonzentration). Nur die Stahlquelle weist mit rd. 1,4 g/kg festen gelösten Bestandteilen (bei $2 \times 21,5$ mval/kg Ionenkonzentration) eine erheblich geringere Konzentration als die übrigen Quellen auf. Bezogen auf den Chloridgehalt der Solquelle III bewegt sich demnach die Verdünnung der bekannten Mineralwässer zwischen 1 und 2,12 (Lithiumquelle) bzw. (18,10 Stahlquelle).

Eine Übersicht über die absoluten Ionengehalte gibt Abb. 19. In Tab. 9 ist die Verteilung der relativen Ionengehalte dargestellt.

Tab. 9. Verteilung der Ionenanteile (in mval%) der Bad Salzhausener Mineralwässer (in Klammern stark aus der Reihe fallenden Werte)

Ion	mval%		
Natrium	80,55	- 75,42	(65,92 Stahlquelle)
Kalium	1,48	- 1,11	(3,11 Lithiumquelle)
Calcium	12,84	- 9,56	(18,58 Stahlquelle)
Magnesium	10,44	- 6,22	(12,27 ")
Eisen	0,08	- 0,14	(1,39 ")
Chlorid	90,11	- 87,82	(70,94 ")
Hydrogenkarbonat	4,72	- 6,35	(27,43 ")
Sulfat	5,97	- 5,17	(1,63 ")

Da nur Natrium und Chlorid 20 mval% übersteigen, sind alle höherkonzentrierten Quellen Salzhausens mit "Natrium-Chlorid-Wasser" ("Natrium-Chlorid-Sole" bei Solquelle II wegen Überschreitens der 240-mval-Grenze beim Chlorid), die Stahlquelle mit "Natrium-Chlorid-Hydrogenkarbonat-Wasser" charakterisiert.

Die überwiegend sehr geringe Verschiebung der Ionenanteile wird besonders bei der Berechnung des Chlorid-Verhältnisses (Abb. 20) deutlich.

Abb.19 Diagramm der Mineralwässer von Bad Salzhausen

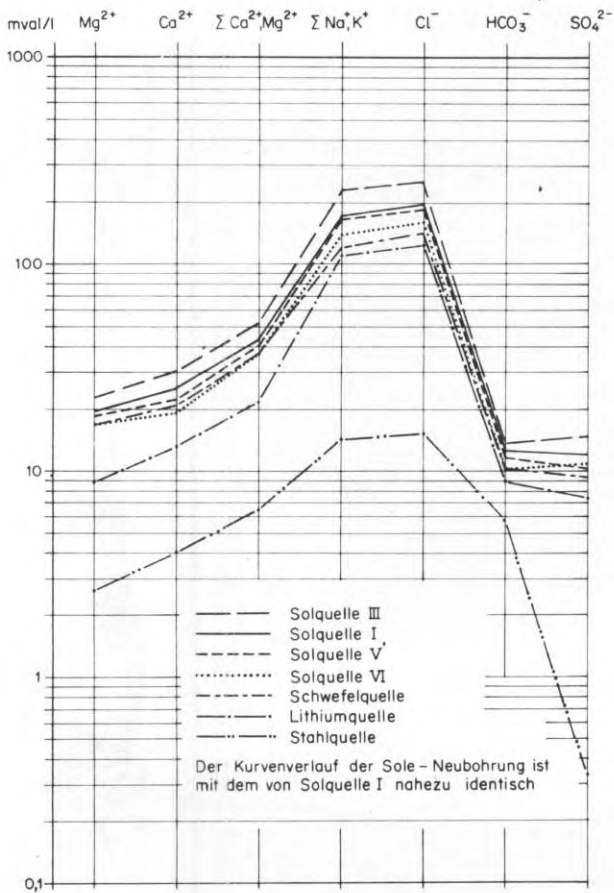
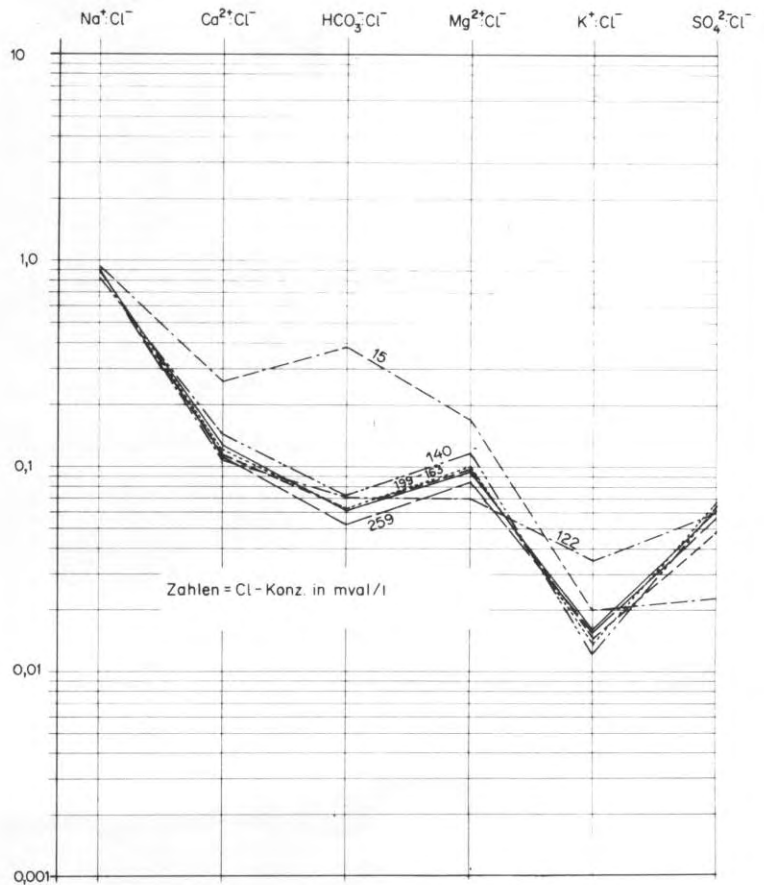


Abb.20 Chlorid - Verhältnisse zu Abb.19



Im SCHOELLER-Diagramm entstehen durch diese Verhältnisse sehr ähnliche - weitgehend nur parallelverschobene - Ionenkonzentrationskurven. Hieraus ist zu schließen, daß die chemischen Verhältnisse aller bisher bekannten Mineralquellen vorwiegend durch mengenmäßig unterschiedliche Vermischung eines möglicherweise in Solquelle III bekannten höchstkonzentrierten "primären" Mineralwassers im Untergrund mit einem im ganzen Talgrund ähnlich beschaffenen (süßen) Grundwasser entstehen. Aus der positiven oder negativen Abweichung des Chlorid-Verhältnisses vom Wert des höchstkonzentrierten Wassers läßt sich eine relative Zunahme oder Abnahme im Gehalt des jeweiligen Ions ableiten. In Salzhausen ist keine gesetzmäßige Abhängigkeit dieser relativen Verschiebung von der Höhe der absoluten Gesamtkonzentration zu erkennen.

Bei Anwendung der "Verdünnungsberechnung" unter Annahme einer Chloridkonzentration von 1 mval/kg (s. Abschn. 5.1.3.) in verdünnenden Wässern wird jedoch ersichtlich (s. Tab. 8b), daß (außer bei Solquelle V und bei der Lithiumquelle) jeweils auch die Gesamt-Konzentration der verdünnenden Wässer mit der Konzentration der resultierenden Quell-

Wässer abnimmt. Da selbstverständlich nicht anzunehmen ist, daß Verdünnungswässer in Abhängigkeit von ihrer eigenen Konzentration selektiv in Richtung höher konzentrierter Mineralwasser-Aufstiegszonen bzw. -Aus-
tritte wandern, beweist dies, daß die Hauptmenge der gelösten Bestand-
teile der Verdünnungswässer n a c h Durchmischung mit der Primärsole hin-
zukommen, und zwar in Abhängigkeit von der nach der Verdünnung noch be-
stehenden Konzentrationsunterschiede, d.h. höher konzentrierte Wässer
lösen größere Stoffmengen aus dem Nebengestein aus. Für einen Teil des
Calciums, Magnesiums und Hydrogenkarbonats ist die Zunahme mit K a l k -
l ö s u n g aus dem umgebenden Gestein zu erklären (beim Errichten der
6 m tiefen Grundwasser-Beobachtungsbrunnen wurden an der Schwefelquelle,
Lithiumquelle und Stahlquelle kalkhaltige Sedimente nachgewiesen). Die
Lösungsvorgänge sind zum Teil so stark, daß Calcium-Magnesium-Hydrogen-
karbonat-Gehalte der verdünnenden Wässer (z.B. bei Solquelle I mit ca.
980 mg/kg, bei der Sole-Neubohrung mit ca. 930 mg/kg) knapp unter dem
Wert eines Mineralwassers liegen. In den meisten Verdünnungswässern
liegt jedoch ein außergewöhnlich hohes Überwiegen von Erdalkali gegen-
über Hydrogenkarbonat vor, meistens bei Wässern die einen negativen
Wert im Natriumgehalt zeigen. Dieses Merkmal sowie die starke Verschie-
bung des Calcium/Magnesium-Verhältnisses zugunsten des letzteren weist
auf I o n e n a u s t a u s c h v o r g ä n g e hin. Bei diesen
werden im Austauscher (Tonminerale in Sediment und Basalt etc.) Alkali-
Ionen adsorptiv gebunden (Natrium-Verlust im Wasser) und Erdalkali-
Ionen unter Bevorzugung der Magnesium-Ionen abgegeben und dadurch das
Erdalkali/Hydrogenkarbonat-Verhältnis erhöht.
Ein Überwiegen des Magnesiums durch Lösung aus kalkigen Gesteinen dolo-
mitischer Fazies ist weniger wahrscheinlich, da Wässer aus solchen Ge-
steinen in der Regel ähnliche Calcium/Magnesium-Verhältnisse wie aus
rein kalkigen Gesteinen aufweisen.

Süße Grundwässer enthalten meist höhere Calcium- als Magnesiumge-
halte und daher Calcium/Magnesium-Verhältnisswerte über 1. So lie-
gen auf den Blättern 5124 Bad Hersfeld (MATTHESS 1967), 4719 Korbach
(MATTHESS 1968) und 4720 Waldeck (HÖLTING 1969c) bei Wässern aus
Sandsteinen die Werte zwischen 1,0 und 5,7 (Mittelwert 2,3, 26 Ana-
lysen), bei Wässern aus Kalksteinen zwischen 1,4 und 5,6 (Mittel-
wert 2,6, 5 Analysen) und bei Wässern aus dolomitischen Gesteinen
zwischen 1,5 und 2,3 (Mittelwert 1,8 bei 7 Analysen). Nur an drei
Wässern wurden höhere Magnesium- als Calciumgehalte festgestellt
(Ca/Mg bis zu 0,26). Ein Überwiegen des Magnesiums durch Lösung
aus dolomitisch-kalkigem Gestein ist daher auch in Bad Salzhausen
nicht auszuschließen.

Die leicht erhöhten Sulfat-Gehalte in den Verdünnungswässern der Solquelle I, Sole-Neubohrung, Solquelle VI und der Schwefelquelle sind als Oxidations- und Umsetzungsprodukte (GERB 1953, MATTHESS 1961) von stark Schwefel-haltigem Torf, die einen Großteil des Talgrundes erfüllen, abzuleiten.

In ihren chemischen Verhältnissen fällt insbesondere die Lithiumquelle aus der Reihe der übrigen Mineralwässer. Sie weist als einziges einen relativen Verlust an Calcium und Magnesium auf. Da das verdünnende Wasser jedoch einen für Süßwasser normalen Hydrogenkarbonat-Wert zeigt, findet die Verringerung der Erdalkalien vermutlich durch Ionenaustausch unter bevorzugter Adsorption des Magnesiums, nicht aber durch Ausscheidung (Fällung) von Ca/Mg-Karbonat statt. Durch die vom Austauscher abgegebenen Alkali-Ionen wird in der Lithiumquelle der relativ höchste Natrium-Kalium-Wert der Bad Salzhausener Quellen erreicht.

Die Stahlquelle weist das bei den Verdünnungsvorgängen am geringsten veränderte Mineralwasser auf. Das verdünnende Wasser entspricht einem normalen, aus LÖB-überdecktem Basalt entnommenen süßen Grundwasser. Der niedrige Wert des Sulfates kann auf einen geringfügig niedrigen Sulfatgehalt der Primärsole (nur scheinbare Entfernung bei der Verdünnung) oder auf Reduktion in reduzierendem Milieu hinweisen. Letzteres läßt sich jedoch an keiner anderen Mineralquelle des Ortes nachweisen.

Die Eisengehalte der Salzhausener Mineralquellen folgen nicht proportional der Verdünnungsreihe. Der primäre Eisengehalt ist nicht bekannt. Die gefundenen Gehalte sind stark wechselnd. Dies ist auf die außerordentlich hohe Abhängigkeit seiner Löslichkeit vom Redoxpotential der Primärsolen und der verschiedenen Verdünnungswässer zurückzuführen. So mag es geschehen, daß bei sauerstofffreien, durch organische Stoffe im obersten Profilbereich reduzierte Verdünnungswässer hohe Eisengehalte bis in das Austrittswasser gelangen bzw. durch größere Löslichkeit des Eisen-Hydrogenkarbonats weiter mit Eisen-II angereichert werden. Andererseits könnten bei seitlichem Eindringen Sauerstoff-haltiger Wässer aus dem kausstobiolithfreien basaltischen Untergrund bereits in größerer Tiefe Eisen-Fällungen eintreten und dadurch an der Quelle geringe Eisengehalte beobachtet werden.

5.3.2.2. Hydrochemische Übersicht der übrigen Mineralquellen der Wetterau

Alle in Abschn. 5.3.2.1. beschriebenen, zur verschiedenen Ausbildung der Mineralwässer führenden Vorgänge lassen sich auch an den übrigen Mineralquellen der Wetterau erkennen (s. Abb. 21-24, 29). Sie sind in der Folge nur kurz umrissen.

Die höchsten Konzentrationen treten außerhalb von Bl. Friedberg und von Bad Salzhausen mit 14,0 g/l festen gelösten Bestandteilen bei Eberstadt-Ober-Hörgern (Tab. 15, MV 3) und mit 12,1 g/l festen gelösten Bestandteilen bei Selters (Tab. 15, MV 77) auf. Der Chemismus dieser Wässer entspricht mit hohen Natrium- und Chloridanteilen und verhältnismäßig geringen Erdalkali- und Hydrogenkarbonatgehalten weitgehend dem der Bad Nauheimer und Bad Salzhausener Solen.

Die Mineralquellen am Ostrand der Wetterau-Senke weisen dagegen durchweg stärkere Verdünnungen auf. Sie sind durch weitgehend zurücktretende Natrium- und Chloridgehalte und relativ hohe Erdalkali- und Hydrogenkarbonatgehalte charakterisiert. Dies ist auf den Einfluß kalkhaltiger Tertiärschichten, die hier häufiger als in der westlichen Wetterau unter Lössbedeckung den tieferen Untergrund bilden, zurückzuführen.

Durch die hohen Verdünnungen treten örtliche Einflüsse des süßen Grundwassers stärker hervor. Das Bild kontinuierlicher Verdünnung, wie es am W-Rand der Wetterau und in Bad Salzhausen dargelegt werden konnte, ist daher hier nicht so deutlich zu erkennen.

Alkali-Hydrogenkarbonatgehalte und damit Ionenaustauschvorgänge deuten sich verschiedentlich durch negative Erdalkali-/Hydrogenkarbonat-Verhältnisse an: so im Hassia-Sprudel (s. Tab. 15, MV 60) und im Friedrich-Karl-Sprudel (MV 59), Bad Vilbel, und im Römerbrunnen (MV 44), Grund-Schwalheim. Auf den gleichen Effekt sind die aus der Reihe fallenden relativ hohen Magnesiumgehalte des Stadener Sauerlings (MV 48), der ehemaligen Tiefbohrung im Tagebau Trais-Horloff (MV 42), besonders aber des Römerbrunnens (MV 44) zurückzuführen. Möglicherweise erfolgte hier nach primärer Abgabe der Erdalkalien an das Nebengestein eine Bevorzugung der Magnesium-Ionen bei einer anschließenden Erdalkali-Abgabe ("Regeneration", ØDUM u. CHRISTENSEN 1936), was auf leichtere Austauschbarkeit des Magnesiums gegenüber dem Calcium zurückzuführen ist (vgl. HÖLTING 1969a, S. 342).

Abb. 21 Diagramm der Mineralwässer von Selters, Büdingen u. Altenstadt

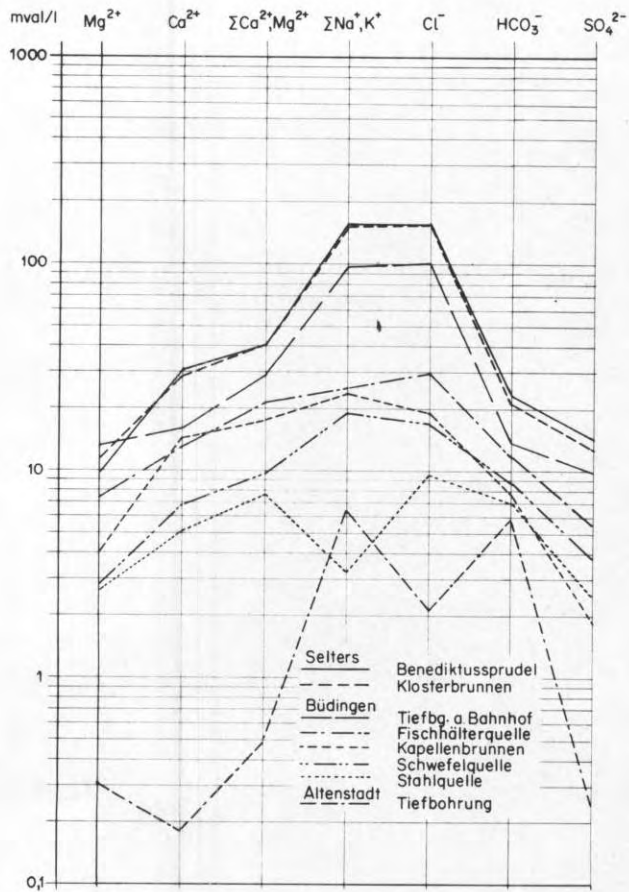


Abb. 22 Chlorid-Verhältnisse zu Abb. 21

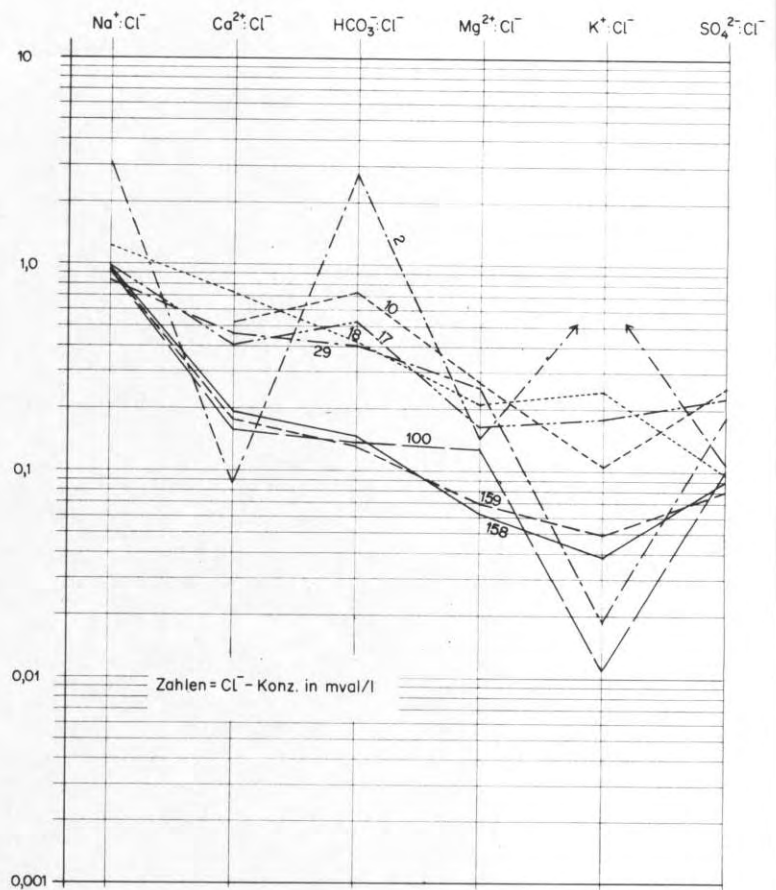


Abb. 23 Diagramm der am E-Rand der nördlichen Wetterau-Senke auftretenden Mineralwässer (Horloff - Nidda - Tal)

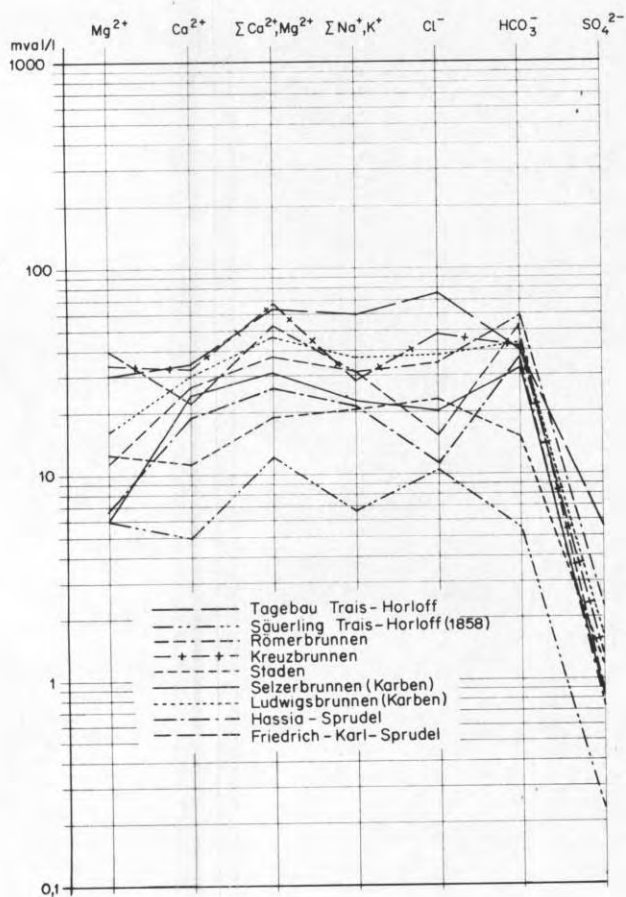
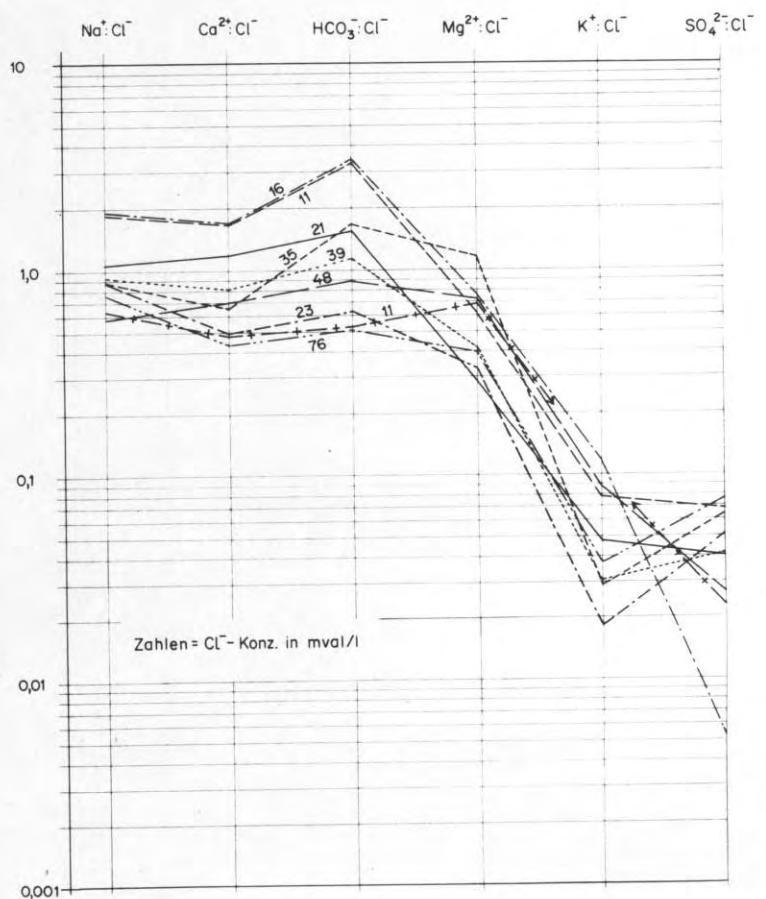


Abb. 24 Chlorid-Verhältnisse zu Abb. 23



Wie in Bad Salzhausen, so treten auch in den Mineralwässern der östlichen Wetterau (Büdingen MV 79-83, Selters MV 77, 78) hohe Sulfatgehalte hervor. Sie beweisen damit den chemischen Einfluß der Gips- bzw. Anhydritführenden Randfazies des Zechstein-Salinars, wie er sich bereits in der Lage der Quellenaustritte im Ausstrichbereich des Zechsteins andeutet.

Mit Ausnahme der im Tagebau Trais-Horloff nachgewiesenen Mineralwässer (MV 42, 43) gehen die Mineralwässer am Ostrand der Wetterau-Senke (Trais-Horloff MV 40, Berstadt MV 45, Staden MV 48, Karben MV 51-56, Bad Vilbel MV 59, 60 und Massenheim MV 61) infolge ihrer hohen Verdünnung nicht über die auch in Süßwässern des Gebietes übliche Sulfatkonzentration von bis zu 2 mval/l hinaus. Die Aussagekraft ihrer Analysen für Überlegungen hinsichtlich der Mineralwasserherkunft ist daher gering (vgl. Abschn. 5.3.3.1.3.).

5.3.3. Großräumiger Vergleich der Mineralwässer und Überlegungen zur Herkunft der Mineralwässer

5.3.3.1. Chemischer Vergleich

5.3.3.1.1. Zur großräumigen Vergleichbarkeit der chemischen Analysen

Wie die ausführlich behandelten Beispiele Bad Nauheim und Bad Salzhausen zeigen, lassen sich die jeweils an einem Ort zahlreich austretenden Mineralwässer als durch physikalische und chemische Vorgänge veränderte Abkömmlinge der jeweils bekannten höchstkonzentrierten Mineralwässer betrachten. Beim großräumigen Vergleich der Wässer genügt es daher, an Orten mit mehreren Quellen jeweils nur das höchstkonzentrierte Wasser in die Betrachtung einzubeziehen.

In Abb. 29 sind die wichtigsten Analysen der höchstkonzentrierten Mineralwässer des Arbeitsgebietes und - im Hinblick auf Überlegungen zur Herkunft der Primärsolen - darüber hinaus des Raumes zwischen östlichem Vogelsberg (Bad Salzschlirf) und nördlichem Oberrheingraben (Ober-Olm, Dornheim, Hähnlein) in einem Diagramm nach SCHOELLER aufgezeichnet (numerische Werte s. Tab. 15). Auf Grund der Lagerstättenverhältnisse kommen beide entfernt gelegenen Gebiete für eine Herkunft der Primärsolen in Betracht (s. Abschn. 5.3.3.5.).

In der Darstellung wird deutlich, daß der größte Teil der **h o c h - k o n z e n t r i e r t e n** Mineralwässer über 100 mval Chlorid/l ähnlichen Kurvenverlauf, d.h. ähnlichen Charakter aufweisen. Alle sind durch hohe Natrium- und Chlorid-Gehalte bei gleichzeitig niedrigen Erdalkali- und Hydrogenkarbonat-Gehalten gekennzeichnet.

Ihnen steht eine Gruppe **g e r i n g e r k o n z e n t r i e r t e r** Mineralwässer gegenüber, deren auffallend andersartiger Charakter sich in geringen Alkali- und Chlorid-Gehalten bei relativ hohen Erdalkali-, Hydrogenkarbonat- und Sulfat-Gehalten äußert.

Bei Eliminierung der Konzentrationsunterschiede durch Berechnung des jeweiligen Chlorid-Verhältnisses wird erkennbar, daß die Ionenverhältnisse verschieden stark und z.T. in Abhängigkeit von der Chloridkonzentration streuen.

Am ausgeprägtesten ist dies bei den **Erdalkalien** und beim Hydrogenkarbonat der Fall (Ab.. 25). Bei Chloridgehalten, die 50 mval/l übersteigen, bewegen sich die Chloridverhältnisse der Erdalkalien in relativ engem Bereich zwischen 0,14 (Oberrheingraben-Wässer 0,02) und 0,4. Unter-

halb dieser Chlorid-Konzentration steigen die Verhältniswerte in breiter Streuung steil an und erreichen im Übergangsbereich zum Süßwasser um Potenzen höhere Werte. Die gleiche Tendenz, durch niedrigere Werte lediglich nach unten parallel verschoben, zeigen die Hydrogenkarbonat/Chlorid-Verhältnisse. Die Erscheinung läßt sich einerseits auf das allgemeine Überwiegen von Erdalkali- bzw. Hydrogenkarbonat-Ion in dem beim Verdünnungsvorgang zunehmend Einfluß nehmenden Süßwasser, andererseits auf die durch hohen Kohlendioxid-Gehalt der meisten Mineralquellen bedingte Kalkauflösung im Quellbereich zurückführen. Der letztgenannte Vorgang macht sich bei höheren Mineralkonzentrationen im Vergleich mit den aus Lösung von Halit hervorgegangenen Chlorid-Ionen nur noch unwesentlich bemerkbar. Bei niedrigen Chlorid-Konzentrationen ist jedoch ihr Chlorid-Verhältniswert für den Verhältniswert des primären Mineralwassers, aus dem das verdünnte Wasser hervorgegangen ist, untypisch.

Mit ähnlicher Tendenz, jedoch weniger deutlich, läßt sich der Einfluß verdünnenden Süßwassers beim Sulfat/Chlorid-Verhältnis der Mineralwässer in der mittleren und westlichen Wetterau sowie am Taunusrand beobachten (Abb. 26). Bei Konzentrationen über 100 mval/l Chlorid streut ihr Sulfat/Chlorid-Verhältnis zwischen 0,004 (Oberrheingraben-Wässer 0,002) und 0,01, wogegen es bei abnehmenden Chlorid-Gehalten schnell auf 0,08 ansteigt. Auch hier muß, mit abnehmender Konzentration zunehmend wertverfälschender Einfluß von Sulfaten aus verdünnenden Süßwässern angenommen werden. Für großregionale Vergleiche ist daher auch das Sulfat/Chlorid-Verhältnis gering konzentrierter Mineralwässer von geringem Wert. Bei den Mineralwässern der östlichen Wetterau und des Vogelsberges fallen die aus hohen absoluten Sulfat-Gehalten resultierenden hohen Chlorid-Verhältniswerte und ihre breite Streuung auf. Da sie keine Abhängigkeit von der Chloridkonzentration zeigen, ist bei ihnen die Veränderung der Verhältniswerte außerhalb der Beeinflussung durch verdünnende Oberflächenwässer zu suchen.

Bei den Chlorid-Verhältnissen der Alkalien läßt sich keine direkte Abhängigkeit von der Chloridkonzentration feststellen (Abb. 27). Die Streubreite ist vor allem beim Natrium in allen Konzentrationsbereichen gleich groß. Wie die Untersuchungen in Abschn. 5.3.2.1. zeigen, sind die Alkalien besonders aktiv an Ionenaustauschvorgängen beteiligt, die sich vorwiegend bei niedrigen Chlorid-Konzentrationen vollziehen. Hierauf ist der steile Anstieg der Natrium-Chlorid-Verhältnisse der Bad Nauheimer Wässer in Abb. 27 b zurückzuführen. Das Beispiel Bad Salzhausen zeigt jedoch, daß

Abb. 25 - 28

Chlorid - Verhältnisse der wichtigsten Mineralwässer zwischen Zechstein - Salinarbecken und Oberrheingraben in Abhängigkeit von der Chloridkonzentration

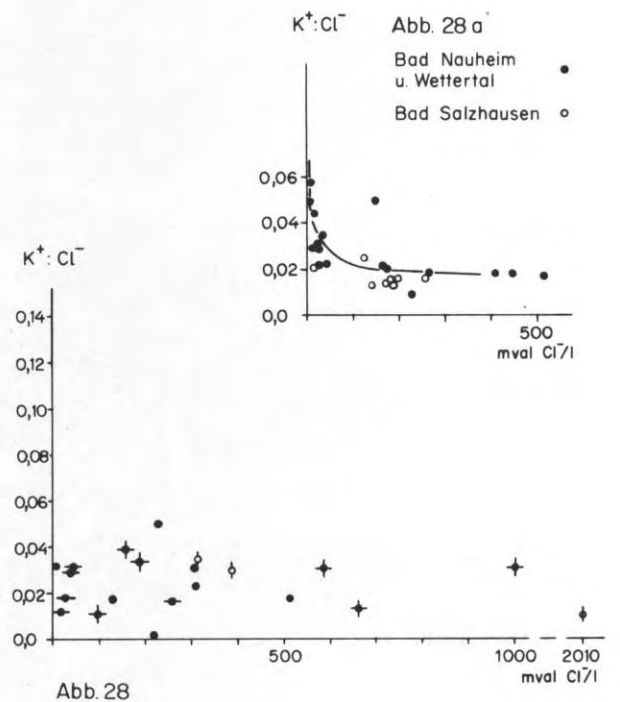
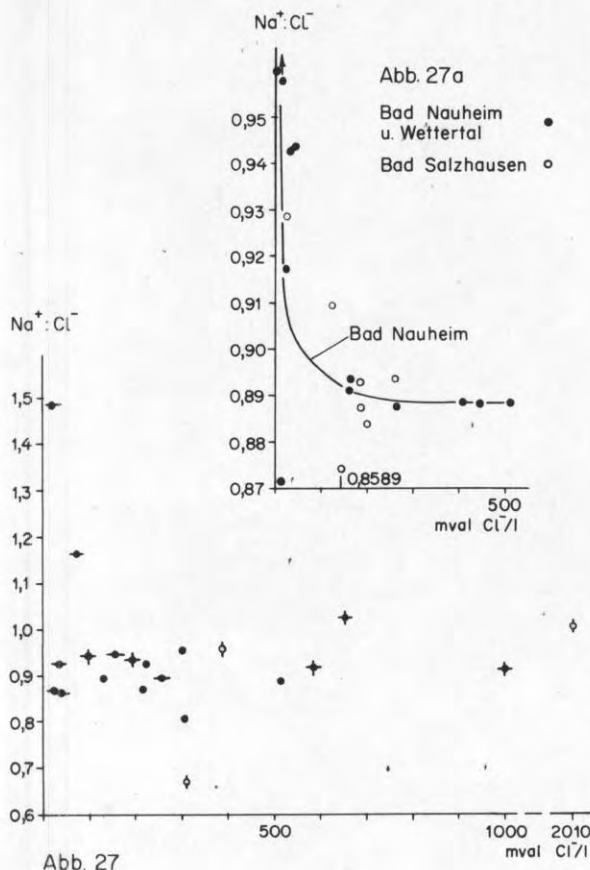
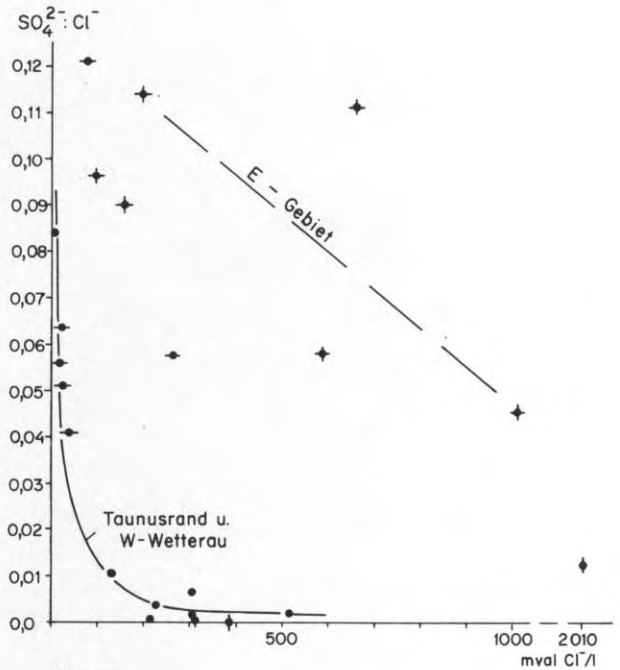
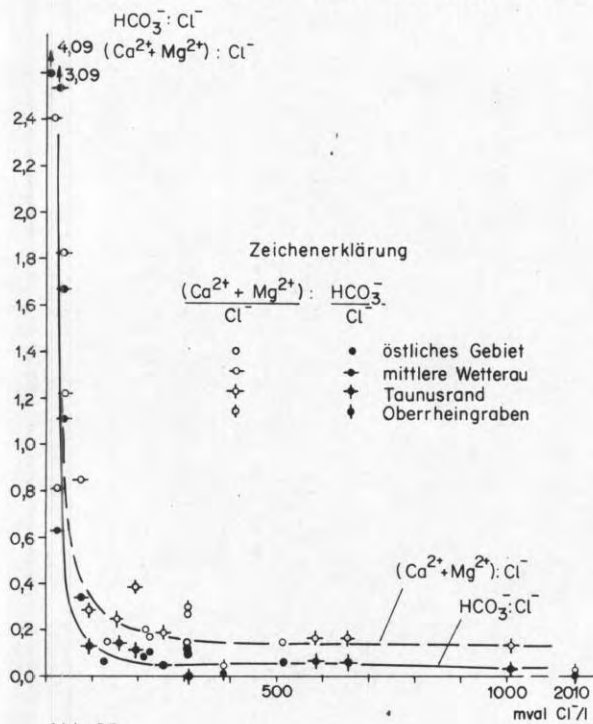
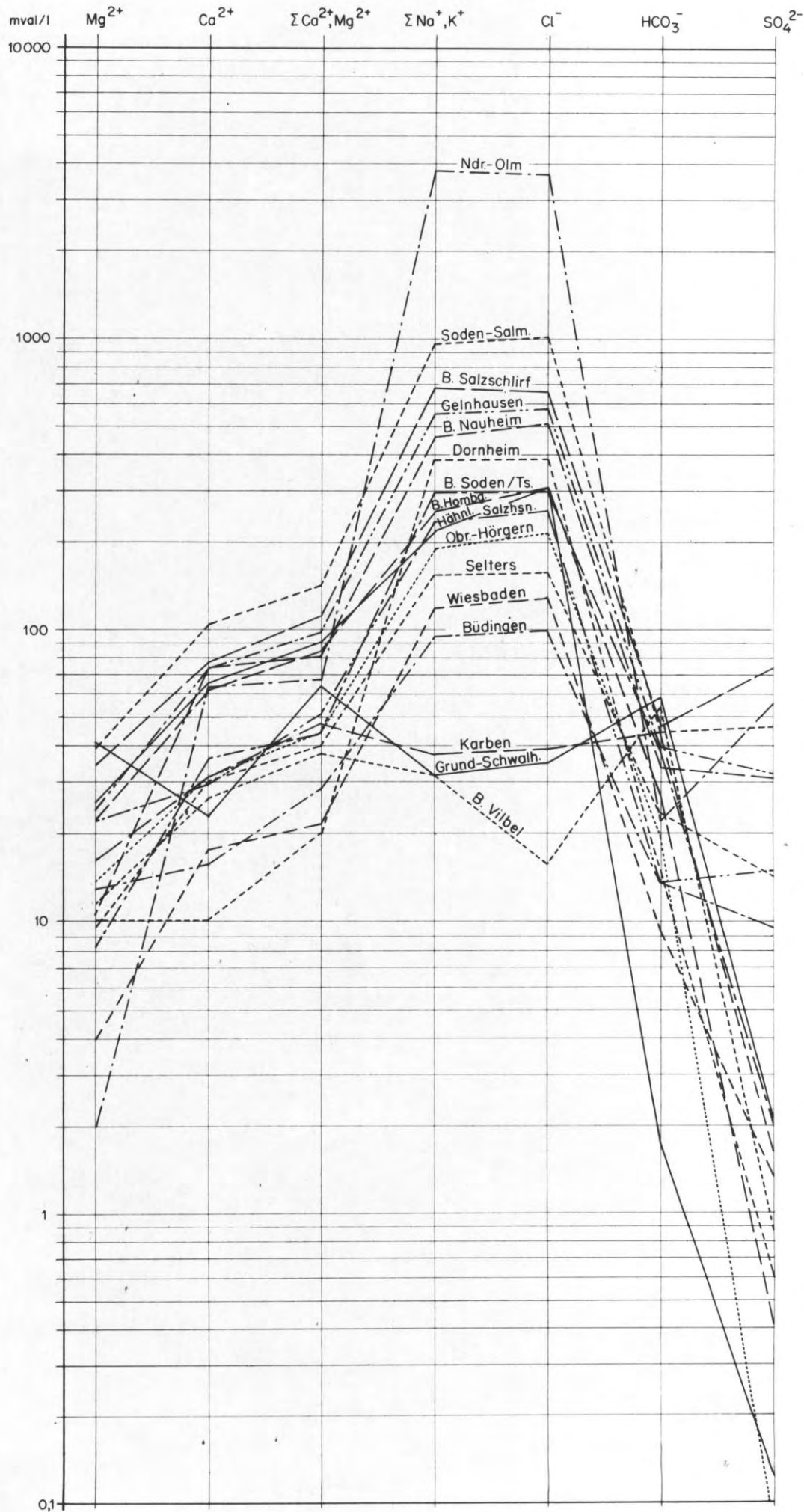


Abb. 29 Die höchstkonzentrierten Mineralwässer zwischen Zechstein - Salinarbecken u. Oberrheingraben



derartige Austauschvorgänge auch bei höheren Chloridgehalten möglich sind, da das Natrium/Chlorid-Verhältnis der Mineralwässer mit Konzentrationen von etwa 200 mval/l zwischen 0,8775 und 0,8924 schwankt. Ähnliche Vorgänge deuten sich auch bei Kalium an (Abb. 28 a, b).

Zusammenfassend ist festzustellen, daß sich bei den Mineralwässern der Wetterau die Chloridverhältnisse der Hauptionen bei starker Verdünnung in Abhängigkeit von der Konzentration erheblich verschieben und dadurch z.T. mehr die im nächsten Umkreis der Mineralwasseraustritte stattfindenden Veränderungen als großregionale Vorgänge zum Ausdruck kommen. Im vorliegenden Gebiet erscheint es daher sinnvoll nur Mineralwässer mit Chloridkonzentrationen über 50 mval/l zu großräumigen Vergleichen und Überlegungen der Mineralwasserherkunft heranzuziehen.

Zu Mißdeutungen kann es führen, wenn Analysenwerte von Mineralwässern erheblich unterschiedlicher Konzentration und dadurch verschiedenwertiger Verhältniszahlen in ihrer Bedeutung gleichwertig behandelt werden, wie an der Karte der Salinarverhältnisse in den Mineralwässern Hessens von HÖLTING (1969a, Abb. 9) deutlich wird. Obwohl mit dieser rein beschreibenden Karte keine genetische Aussage bezüglich der Herkunft der südhes-sischen Mineralwässer verbunden wird, scheinen auf den ersten Blick die über dem Verhältniswert 1 liegenden Hydrogenkarbonat-Salinar-Verhältnisse im Bereich des nach N verlängerten Sprendlinger Horstes in den Verhältnissen der Mineralquellen (? Hassia-Sprudel Bad Vilbel: 5,6; Selzerbrunnen Karben: 1,3; Tiefbohrung Altenstadt: 2,5; Römerbrunnen Grund-Schwalheim: 1,5; ehem. Säuerling Trais-Horloff: 1,4) einen das übrige System des mineralisierten Grundwassers unterbrechenden Sporn eines anderen Mineralwassertyps anzudeuten, woraus schon ohne Kommentar als augenscheinlich erscheint, daß diese Zone nicht von einem andersartigen Mineralwasser im Untergrund gequert wird.

Die höchste Chlorid-Konzentration der hier bekannten Mineralquellen wird mit ca. 35 mval/l im Römerbrunnen Grund-Schwalheim erreicht und liegt damit unterhalb der oben erläuterten 50 mval-Grenze. Das Wasser der Bohrung Altenstadt dürfte als Natrium-Hydrogenkarbonat-Wasser mit 766 mg/l festen gelösten Bestandteilen (s. Tab. 15, MV 85) und 73,7 mg/l (2,1 mval/l) Chlorid nur entfernt, insbesondere über Ionenaustauschvorgänge, mit einem Mineralwasser des Natrium-Chlorid-Typs verwandt sein. Das Wasser der am westlichsten gelegenen Quelle dieses "Spornes" (Rosbacher Brunnen) läßt

sich durch Verdünnungs- und Lösungsvorgänge eindeutig von den hochkonzentrierten Natrium-Chlorid-Solen des Bad Nauheimer Typs ableiten (vgl. Abschn. 5.3.2.). Die Primärsole der am Ostrand der nördlichen Wetterau-Senke gelegenen Quellen ist bisher noch nicht erschlossen worden. Das Nichtantreffen von Sole in wenigen in diesem Gebiet bisher durchgeführten Bohrungen scheint jedoch als Beweis des vollständigen Fehlens sehr zweifelhaft, zumal auch in anderen Gebieten in Tiefbohrungen Süßwasser angetroffen wurde, obwohl in geringer Entfernung Mineralwasser, teilweise sogar in höherem Niveau, bekannt oder zu vermuten war. So traf man in den bis ca. 220 m tiefen Bohrungen des Zweckverbandes Oberhessische Versorgungsbetriebe bei Kohden im Nidda-Tal in ca. 3 km Entfernung NE Bad Salzhausen Süßwasser an (vgl. Abschn. 5.3.1.2.4.). In der ca. 2 km SSE des Kurortes gelegenen Bohrung Orbes III trat in 97 m Tiefe Salzwasser auf, das jedoch seinerseits von Süßwasser (bis 131 m Endteufe) unterschichtet war. Dieses Phänomen trat in Form einer Konzentrationszunahme (bis 2 % Salzgehalt in 420 m Tiefe) und starker Abnahme des Mineralgehaltes in größerer Tiefe (bis 612 m Endteufe) auch bei Niederbringung der Bad Salzhausener Tiefbohrung vom Jahre 1906 (vgl. Abschn. 5.3.1.1.5.) und in ähnlicher Form auch beim neuen Sprudel in Bad Soden am Taunus auf.

Es ist daraus zu schließen, daß Mineralwasser bisweilen auf einzelnen, möglicherweise gering dimensionierten Zonen wandert und in engem räumlichem Nebeneinander mit Süßwasser auftreten kann, d.h. nicht in jedem Fall Konzentrationsanstieg mit zunehmender Tiefe erwartet werden muß.

Zur Frage "warum solche Salzwässer im Untergrund der Wetterau nicht durch Kohlensäureaufstiege mit an die Oberfläche getrieben werden, wie z.B. weiter W am Taunusrand" (HÖLTING 1969a, S. 345) sei auf die Überlegungen am Beispiel Bad Nauheims (Abschn. 5.3.3.1.4.) hingewiesen, die darlegen, daß der "Kohlensäurelift", wenn überhaupt vorhanden, nur wenige Meter tief wirksam ist, da die in den Quellen nachgewiesenen Kohlendioxidmengen in wenigen Metern Tiefe vollständig gelöst sein dürften und darunter ohne Auftriebswirkung sind. Für den Aufstieg von über die Lösungskapazität des Mineralwassers in größerer Tiefe hinausgehenden Kohlendioxidgas-Mengen gibt es in der Wetterau keine Hinweise.

5.3.3.1.2. Die hochkonzentrierten Mineralwässer zwischen Vogelsberg (Bad Salzschlirf) und Oberrheingraben (Bohrungen Dornheim und Ober-Olm 1)

Die höchstkonzentrierten Wässer des hier betrachteten Gebietes liegen im Bereich von Chloridkonzentrationen zwischen 100 und 4000 mval Cl^-/l . Ihre auf den Gesamtlösungsinhalt bezogenen Ionenanteile (mval%) bewegen sich in den folgenden Grenzen:

Abb. 10. Verteilung der Ionenanteile (in mval%) der hochkonzentrierten Mineralwässer zwischen Vogelsberg und Oberrheingraben.

	Taunusrand, Wetterau, Vogelsberg	Oberrheingraben
Natrium	84,7 - 72,8	97,2 - 66,6
Kalium	3,1 - 0,8	3,5 - 1,0
Calcium	18,3 - 9,3	21,0 - 1,6
Magnesium	7,7 - 1,9	8,1 - 0,1
Chlorid	92,4 - 80,8	99,4 - 96,2
Hydrogenkarbonat	11,9 - 4,4	3,7 - 0,6
Sulfat	9,5 - 0,03	1,5 - 0,03

Alle Wässer sind hiernach als Natrium-Chlorid-Mineralwässer bzw. Solen zu bezeichnen und daher eindeutig auf Auslaugung von Halit-Vorkommen zurückzuführen.

Wie die bereits näher beschriebenen Mineralwässer von Bad Nauheim und Bad Salzhausen weisen auch die übrigen hochkonzentrierten Mineralwässer überwiegend fast äquivalente Alkali- und Chlorid-Mengen bei erheblich geringeren Erdalkali- bzw. Hydrogenkarbonat-Anteilen auf. Mit Ausnahme der Wässer von Olm 1 und Bad Salzschlirf ist jedoch die Summe der Alkalien stets geringfügig niedriger als der Chloridgehalt, was auf die Existenz von Erdalkali-Chlorid und damit - bei dem stets geringen Magnesium-Anteil - auf Calciumchlorid hinweist. In Bad Nauheim ist z.B. in Sprudel XII mindestens 39 mval/l, d.h. ca. 8 % der Chlorid-Ionen durch Calcium äquivalent abgesättigt, wogegen in bisher bekannten Salzlagerstätten Hessens Calciumchlorid-Salze nur als seltene Minerale (Chlorocalcit, Tachhydrit) auftreten. Obwohl letztere höhere Löslichkeiten als Magnesium- und Alkali-Chloride aufweisen (PINNEKER 1968, S. 98), ist ein derartiger Mengenanteil im Mineralwasser wohl hauptsächlich auf Umwandlungsvorgänge zurückzuführen, die nach BRAITSCH

(1962) vermutlich bereits im Salzkörper selbst stattfanden, wobei Lösungen der reichlich vorhandenen carnallitischen Magnesium-Chlorid-Salze auf Anhydrit bzw. Gips einwirken. Als ein außerhalb der Salzlagerstätte ablaufender Umwandlungsvorgang wäre auch die Albitisierung des Nebengesteins durch Soleeinwirkung in Betracht zu ziehen, bei der Natrium in Feldspat unter Abgabe von Calcium diadoch eingebaut wird (PINNEKER 1968, S. 98). Als dritte Möglichkeit der Calciumchlorid-Entstehung ist Ionenaustausch zu betrachten, bei dem Calcium-besetzte Ionenaustauscher (Tongesteine, Zeolithe in Basalten etc.) durch überreiches Natrium-Angebot Calcium abgeben. Dieser von ØDUM & CHRISTENSEN (1936) als Regeneration bezeichnete Vorgang ("Regenerationswässer") läßt sich in einem Bohrbrunnen am N-Rand von Friedberg nachweisen (s. Tab. 15, MV 33, 34; s. Abschn. 5.3.2.1.).

Bei den im allgemeinen einheitlichen Beträgen der Erdalkali/Alkali-Verhältnisse fallen durch relativ niedrige Erdalkali-Gehalte die Wässer der Bohrungen Olm und Dornheim auf, wogegen die Erdalkali-Gehalte von Büdingen, Bad Homburg und Hähnlein relativ hoch sind.

Insgesamt unregelmäßiger ist das Bild der Calcium/Magnesium-Verhältnisse und dadurch auch der Verhältnisse Calcium/Erdalkalien. Das Wasser der Bohrung Olm 1 fällt durch extrem niedrigen Magnesium-Gehalt auf. Auch die Mineralwässer von Bad Nauheim spielen mit relativ niedrigen Magnesium-Gehalt bei äquivalent entsprechend höherem Calcium-Gehalt eine besondere Rolle. Vor allem der letzte Fall läßt vermuten, daß sich die Calcium/Magnesium-Verhältnisse durch verschiedene Erdalkali-Adsorptionsfähigkeit an Ionenaustauschern oder möglicherweise durch Einbau des Magnesiums in Karbonate unter Abgabe des Calciums im Zusammenhang mit einer Kalk-Dolomitisierung verschieben.

Bei den Anionen sind bei der Mehrzahl der Wässer weitgehend gleichbleibende relative Hydrogenkarbonat-Gehalte vorhanden. Die chlorid-bezogenen Hydrogenkarbonat-Verhältnisse von Bad Soden/Ts., Bad Homburg und Selters erscheinen um einen Faktor von ca. 1,8 bis 2 höher, wogegen diejenigen von Olm 1 und von Gasspeicher-Hähnlein nur den ca. 0,1-fachen Wert aufweisen.

Die Sulfat-Gehalte weisen deutlich die stärkste Streuung aller angeführten Hauptionen auf. Hier stehen die absolut und relativ hohen Gehalte der Wässer von Bad Salzschlirf, Bad Soden bei Salmünster, Gelnhausen, Selters, Büdingen und Olm 1 niedrigen Werten in allen übrigen Wässern gegenüber.

5.3.3.1.3. Sulfat-Gehalte

In der Wetterau fallen besonders die erheblichen Unterschiede im Sulfatgehalt zwischen den östlich (Sulfat/Chlorid-Verhältnis 0,04 - 0,11) und westlich (Sulfat/Chlorid-Verhältnis 0,0004 - 0,02) des Vilbeler Horstes austretenden Mineralwässer auf. Sie scheinen auf die verschiedene Herkunft der Mineralwässer der beiden Gebiete hinzuweisen (HÖLTING 1969a, S. 349). Es erscheint jedoch hierbei nicht vertretbar, die Möglichkeit einer Entfernung der Sulfate durch sulfatreduzierende Bakterien in sauerstofffreiem Milieu (*Desulfovibrio desulfuricans*; s. SCHWARTZ 1958, KEMP & THODE 1968) außer Acht zu lassen. Im Falle einer Solewanderung von E nach W könnte sich dieser Vorgang im Untergrund der Horloffsenke vollziehen. Wie die Temperatur der Bad Nauheimer Sole aufweist, entstammt das dort austretende Wasser mindestens einer Tiefe von 800 m. Das für das Bakterien-Biotop notwendige organische Material dürfte in Flözen und in feinverteilter Form in den im Untergrund der Senke zu vermutenden Rotliegend-Schichten und anderen älteren Schichten reichlich vorhanden sein. So wurde im Profil der Bohrung Altenstadt (NÖRING 1951 a) in dieser Formation bei 373,5 m Gesamt-Bohrtiefe in 157,84 m gewonnener Kernstrecke 16 Schichten mit insgesamt 24,7 m Mächtigkeit entspr. 14 % des gewonnenen Kernmaterials, d.h. 7 % der Gesamtmächtigkeit, Kohle bzw. kohliges Material festgestellt. Auch die in größerer Tiefe zu erwartenden Schichten des Karbons und Devons dürften nicht frei von organischer Substanz sein (vgl. BITTERLI 1963). Nach MOSEBACH (1954) weisen selbst devonische Dachschiefer zwischen 0,5 und 0,7 % organischen Kohlenstoff auf. Bei der in der Mengenbilanzrechnung festgestellten äußerst geringen Gesamtmenge höchstkonzentrierten Mineralwassers pro Zeiteinheit (vgl. Abschnitt 5.3.3.1.7.) dürfte bereits eine verhältnismäßig geringe Bakterienmenge oder auch eine vom Mineralwasser durchwanderte eng begrenzte Sulfatreduktions-Zone weitgehende Entfernung des Sulfats erreichen. KEMP THODE (1968) stellten in wenige Stunden dauernden Laborversuchen eine 90%ige Sulfatreduktion durch Bakterien fest.

5.3.3.1.4. Kohlendioxid-Gehalte

Zusammen mit dem salinaren Mineralwasser dringen in den meisten Mineralquellen des Arbeitsgebietes erhebliche Mengen an freiem gelöstem und freiem gasförmigem Kohlendioxid empor. Die absoluten Gehalte des gelösten Kohlendioxids bewegen sich in kontinuierlichem Übergang von überwiegend 40 - 60 mg/l in oberflächennah zirkulierenden Grundwässern bis hin zu Werten von über 3000 mg/l in Mineralwässern. Zu diesen Gehalten ist das ungelöst austretende Kohlendioxid hinzuzurechnen, das sich in den meisten Mineralquellen in Form feiner aufperlender Gasblasen beobachten läßt.

Eine gesetzmäßige Beziehung der Gasgehalte zu den übrigen gelösten Stoffen oder zur Temperatur ist im Arbeitsgebiet in der Regel nicht festzustellen.

In der räumlichen Verteilung fallen die hohen Kohlendioxid-Gehalte am gesamten Ostrand der Wetterau-Senke (u.a. Grund-Schwalheim 2307 mg CO₂/l; Bad Vilbel 3152 mg CO₂/l) auf; am Westrand der Senke werden Werte von über 1900 mg/l nur im südlichen Wettertal und in Bad Nauheim beobachtet. Erheblich geringer sind die Kohlendioxidgehalte der östlich der Wetterausenke austretenden Mineralquellen. Die Solen von Selters/Krs. Büdingen sind mit 1188 mg/l und 1113 mg/l CO₂ noch als Säuerlinge zu bezeichnen (Begriffsbestimmungen d. Deutschen Bäderverbandes 1957). Bad Salzhausen (72 - 569 mg/l CO₂) und Büdingen (216 - 467 mg CO₂/l) weisen dagegen im Vergleich mit Süßwasser nur noch verhältnismäßig schwach erhöhte Kohlendioxid-Gehalte auf.

Die Messung von freiem gasförmigem Kohlendioxid ist an Quellen äußerst schwierig, weshalb sie bisher nur an den Bad Nauheimer Sprudeln VII, XII und XIV durchgeführt wurde. Insgesamt wurde hier unter Normalbedingungen ein Gesamtvolumen von 70 l/s, entsprechend 140 g/s Kohlendioxid ermittelt (vgl. Abschn. 5.3.1.1.2.).

Stellt man diesen Wert der Summe aller im Arbeitsgebiet an Mineralquellen (mit Ausnahme von Bad Vilbel) festgestellten Fracht-Beträge des freien gelösten Kohlendioxids - 62 g/s (davon 30 g/s = 48 % in Bad Nauheim, 10 g/s = 16 % in Schwalheim/Dorheim und 13 g/s = 21 % in Grund-Schwalheim/Berstadt) - gegenüber, so wird deutlich, daß der weitest- aus größte Teil der Gesamt-Gasmenge im Arbeitsgebiet in ungelöster Form zutage tritt. Da zu vermuten ist, daß weitere großen Mengen an Kohlendioxid in zahlreichen kleineren, über die Wetterau verstreuten unbekann-

ten Einzelaustritten entströmt (u.a. läßt sich an zahlreichen Stellen in den Flüssen regelmäßiger Gasblasenaufstieg beobachten), ist eine auch nur größenordnungsmäßig richtige Gesamtbilanz des im Arbeitsgebiet gelöst und gasförmig austretenden Kohlendioxids nicht möglich.

Stellen mit trockener Kohlendioxidgas-Exhalation (Mofetten) sind, vermutlich infolge der oft geringen Intensität und Konstanz der Erscheinung, nur vereinzelt bekannt.

So wies VON HEYDEN (1853) auf trockene Erdlöcher, "wenige Schritte" vom Mineralbrunnen Trais-Horloff entfernt, hin, in denen infolge Kohlensäure-Austritts zahlreiche Kleintiere umkamen.

Nach TASCHE (1853, S. 115) wurden auch in Eschenrod bei Schotten im Vogelsberg in der Nähe des Kirchhofes Ausströmen von Gas beobachtet, das sich besonders bei nassem Wetter durch Zischen und Pfeifen bemerkbar machte. Das Vorkommen ist heute bei der Bevölkerung des Ortes nicht mehr bekannt.

LEPSIUS (1900a) erwähnt Kohlendioxid-Austritt in mehreren Häusern auf dem Höhenrücken des Goldstein bei Bad Nauheim.

In jüngster Zeit wurde wiederholt eine Mofette auf dem Hang östlich der Wisselsheimer Salzwiesen in einem Stallgebäude (bei R 34 82 86, H 55 82 78) beobachtet. Dem trocken ausströmenden Gas fielen mehrfach Hühner zum Opfer bzw. es wurden Menschen bei Ausschachtungen bewußtlos. In einer zum Haus gehörenden Abfallgrube fanden sich immer wieder tote Insekten und Kleinsäuger.

Der Ursprung des Kohlendioxids wird unabhängig von dem der mineralischen Inhaltsstoffe des Mineralwassers heute überwiegend in post eruptiven Exhalationen des abklingenden Vulkanismus vermutet (MICHELS 1926, 1965, KNETSCH 1939, MURAWSKI 1960, S. 301). Dieser von GRÄFE bereits im Jahre 1840 angenommenen und von SUESS (1902) als "juvenil" bezeichneten Herkunft steht die mögliche Entstehung des Gases aus Karbonaten oder organischer Substanz gegenüber. Die große Zahl der hierbei denkbaren chemischen Reaktionen führte seit ca. 100 Jahren zu einer umfangreichen Diskussion (Übersicht der älteren Literatur s. DELKESKAMP 1906, 1908).

Eine Freisetzung von Kohlendioxid aus Karbonaten (BISCHOF 1846, 1849, LUDWIG 1856, LEPSIUS 1900a, FRECH 1912) ausschließlich durch Gesteins erhitzung erfordert Temperaturen von über 700° C und entspricht damit einer Anatexis, die der oben beschriebenen juvenilen Entstehungsweise gleich-

kommt. Bei normaler geothermischer Tiefenstufe setzt sie eine Absenkung von Kalksteinkörpern in mindestens 20 km Tiefe voraus. Derartige Verhältnisse sind bei den geringen Absenkungsbeträgen der Grabentektonik in der Wetterau unwahrscheinlich.

Bei erheblich niedrigeren Temperaturen ist eine Entstehung des Kohlendioxids aus metamorphen Vorgängen zwischen Gesteinsbestandteilen und Lösungen in der Tiefe denkbar. So wird unter erhöhten Drucken und Temperaturen bei Reaktionen zwischen Karbonaten und Silikaten bzw. Kieselsäure stets Kohlendioxid freigesetzt. Nach experimentellen Ergebnissen setzt Kohlendioxid-Ausscheidung bei einem Druck von 2000 Bar (ca. 7 - 8 km Erdtiefe) in Gegenwart von Magnesit, Quarz und Wasser bereits bei einer Temperatur von 350° C ein (WINKLER 1967). Dagegen sind nach MUFFLER & WHITE (1968) derartige Reaktionen bereits bei Temperaturen über 150° C und Tiefen von ca. 900 m möglich. Nach ihren Beobachtungen entstehen so am Salton Sea / Calif. im Kontaktbereich quartärer Vulkanintrusionen und tertiärer Sedimente rezente Kohlendioxid-Lagerstätten durch metamorphe Umsetzung von Dolomit und Kaolinit zu Chlorit bzw. von Calcit, Tonstein und Quarz zu Epidot und Feldspat. Analogieschlüsse auf die Wetterau liegen hier nahe, da im Untergrund der Wetterau vermutlich ebenfalls Vulkanite in Kontakt mit Calcit und Dolomit in Massenkalken, kalkigen Sandsteinen und Grauwacken des Devons treten.

Eine weitere mögliche Ursache der Kohlendioxid-Entstehung ist in der Oxidation der Kohlenwasserstoffe zu suchen (vgl. BOIGK & STAHL 1970, NÖRING 1971). Auf die hohen Gehalte an hierfür zur Verfügung stehender organischer Substanz in den im Untergrund der Wetterau anstehenden Schichten des Rotliegenden und Devons wird in Abschn. 5.3.3.1.3. eingegangen. Auch hier wirkt die mit der Tiefe zunehmende Temperatur auf den Oxidationsvorgang und damit auf die Gas-Entwicklung beschleunigend. Bei der Sauerstoffarmut der Wetterauer Mineralwässer (kenntlich am stets vorhandenen Eisen-II-Gehalt) bewirken Mikroorganismen (vorwiegend Bakterien), die den benötigten Sauerstoff durch Reduktion von Sulfaten (vgl. Abschn. 5.3.3.1.3.), Nitraten o.ä. gewinnen, den Abbau der Kohlenwasserstoffe.

Der tatsächliche Ursprung des Kohlendioxids bzw. der prozentuale Anteil der verschiedenen Entstehungsmöglichkeiten wird im Arbeitsgebiet vermutlich erst durch Untersuchung der Kohlenwasserstoff-Isotopen zu klären sein (NÖRING 1971).

In den Bad Nauheimer Sprudeln bildet das Kohlendioxid durch heftige Entgasung während des Aufstiegs mit dem Mineralwasser ein schaumiges Gemisch sehr geringer Dichte. Dieses Wasser-Gas-Gemisch kann so hoch über die umgebende Grundwasseroberfläche ansteigen, daß der hydraulische Druck der Wassersäule im Steigrohr dem des Wassers im umgebenden Gebirge entspricht. Da die obere Steigrohrmündung der Bad Nauheimer Sprudel jedoch tiefer liegt als der jeweilige Druckspiegel des Gemisches, springt dieses als Fontäne mehrere Meter hoch über die Mündung des Steigrohres hinaus. Der Vorgang der stürmischen Entgasung und des hierdurch verursachten Überlaufes kann durch Schließen des Austrittes beendet werden. Bei erneutem Öffnen der Schieber muß er erst durch Minderung des Druckes im Steigrohr mittels Luftabsaugen oder Wasserabpumpen wieder eingeleitet werden. Das erstmalige Emporspringen des Sprudels VII wird daher auf außergewöhnlich niedrige Luftdruckverhältnisse zurückgeführt (vgl. Kap. 5.3.1.1.2.).

Dieser bereits von BROMEIS (1851) und später von KAMPE (1922, s. auch SCHAEFER 1964) im einzelnen untersuchte "Kohlensäurelift"-Effekt wird häufig als wesentlichster Antrieb des Mineralwasseraufstiegs aus der Tiefe betrachtet. Es ist jedoch zu beachten, daß im Bohrloch infolge der Druckzunahme nach der Tiefe hin in fast linearem Anstieg größere Mengen Kohlendioxid, d.h. in doppelter Tiefe annähernd doppelte Mengen, gelöst werden können. Im Ruhezustand sind z.B. in Sprudel XII nach dem Löslichkeitsdiagramm von STEENHOFF & MÖLLER (zit. in HERWEDE 1967) bereits in ca. 45 m Tiefe (entspr. 4,5 atü) die enthaltenen 6,6 g CO₂/l (Wassertemperatur 33° C; Werte vom 18.6.1967, vgl. Abschn. 5.3.1.1.2.) vollständig gelöst.

Der Grenzbereich beginnender Entgasung verschiebt sich bei Einleitung des Springstadiums durch Verminderung der Auflast je nach den physikalischen Bedingungen um mehrere Zehnermeter nach unten. Während sich bei einem gefaßten Bohrloch die Druckminderung gleichmäßig bis zum unteren Ende der Verrohrung fortpflanzt, verteilt sich der Unterdruck in nicht oder nur flach gefaßten Quellen infolge sich kreuzender Kluftrichtungen bzw. allseitig offener Porengrundwasserleiter und baut sich daher auf geringere Tiefe und Entfernung ab. Es bestehen keine Anzeichen (wie etwa zahlreiches Auftreten von Mofetten an der Erdoberfläche), daß im Arbeitsgebiet örtlich größere Kohlendioxid-Mengen vorhanden sind, die die Löslichkeit der hochgespannten Wässer in der Tiefe übersteigen und den Auftriebseffekt durch Entgasung in größere Tiefe verlegen würden. Da bei

natürlichen Quellen als weiterer bremsender Faktor der große Reibungswiderstand der Mineralwasser-Aufstiegswege hinzukommt, erscheint es fraglich, ob bei ungefaßten Quellen der Auftriebseffekt überhaupt wirksam wird. ,

Wegen der erhöhten Löslichkeit des Kohlendioxids mit zunehmender Tiefe ist weiterhin anzunehmen, daß das Gas nicht - wie vielfach unterstellt wird - mehr oder weniger vertikal aus dem tieferen Untergrund im näheren Umkreis der Quellen infiltriert, sondern wie die Mineralstoffe in völliger Lösung über größere Entfernungen lateral herbeigeführt werden kann. Das Kohlendioxid der westlichen Wetterau und des Taunusrandes kann daher bei Sole-Zuwanderung aus östlicher Richtung (vgl. Abschnitt 5.3.3.6.) dem auskühlenden Magmenherd des zentralen Vogelsberges oder den in diesem Bereich ablaufenden metamorphen Reaktionen entstammen.

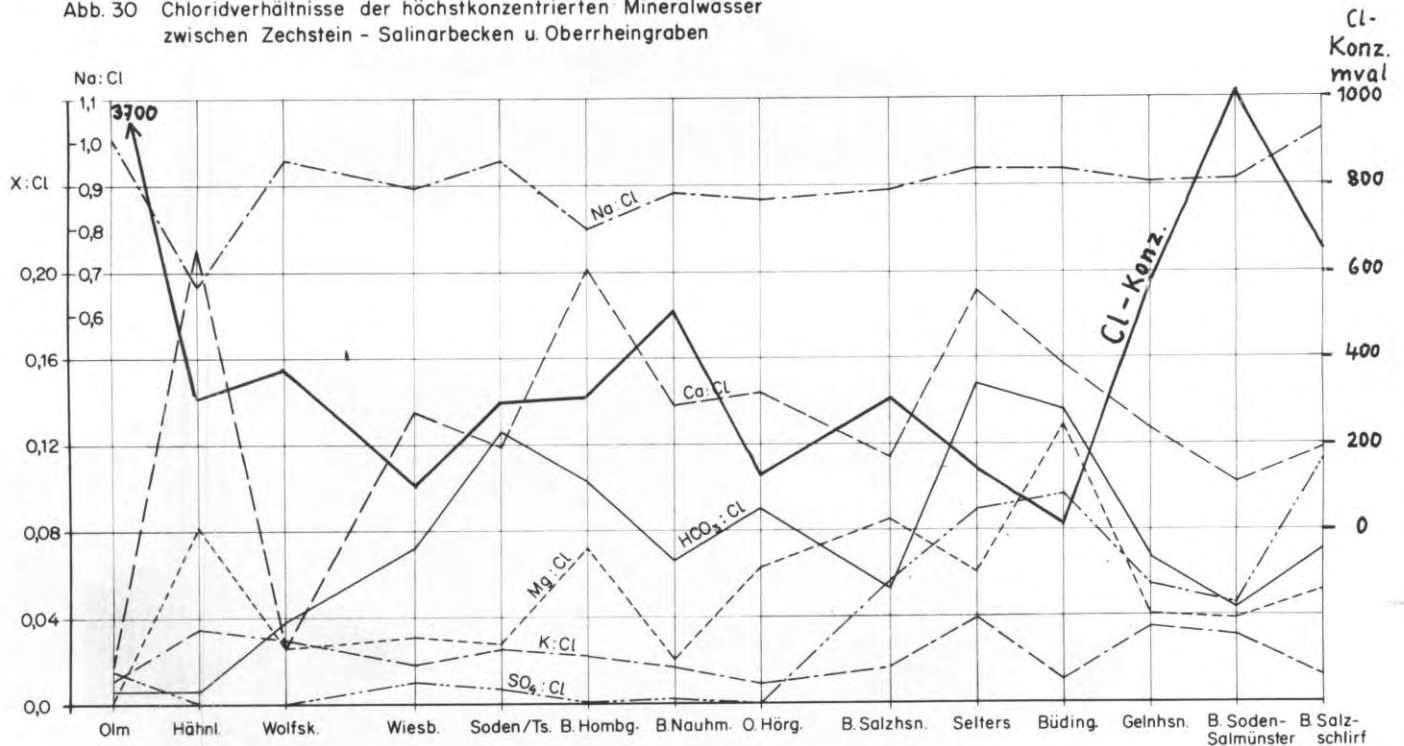
5.3.3.1.5. Regionale Verteilung der Ionenanteile

Geht man von der Vorstellung eines von der Salzlagerstätte abwandernden und dabei fortschreitend verdünnten Mineralwassers aus, so müßte hierbei eine kontinuierliche Verschiebung typischer Analysenmerkmale mit zunehmender Entfernung vom Auslaugungsort stattfinden. Dementsprechend sollen die höchstkonzentrierten Wässer zwischen Zechstein-Salinar und nördlichem Oberrheingraben betrachtet werden.

In Abb. 30 sind die den Grad der Verdünnung widergebenden Chlorid-Konzentrationen und die Chlorid-Verhältnisswerte der wichtigsten Mineralquellen der Wetterau in einem vereinfachten Profil entsprechend ihrem mehr oder weniger linienhaften Auftreten am Taunus-Südrand, im nördlichen Oberrheingraben, am Ostrand der Wetterau-Senke und im Gebiet am Ost- und Südrand des Vogelsberges aufgezeichnet. (Im Profil können hierbei zwischen zwei betrachteten Punkten liegende und im chemischen Bild störende Lokaltäten unberücksichtigt bleiben, da der Solefluß in der Natur mit Sicherheit nicht alle im Profil dargestellten Orte in der dargestellten Reihenfolge erreicht).

Hieraus geht hervor, daß die höchsten K o n z e n t r a t i o n e n in der Nähe der bekannten Salinare bei Salzschlirf bzw. Bad Soden-Salmünster, sowie in den Bohrungen Olm 1, Dornheim und Gasspeicher Hähnlein-West im Oberrheingraben auftreten. Die räumlich dazwischenliegenden Wässer sind sämtlich geringer konzentriert. Ein Gefälle an festen gelösten Bestandteilen ergibt sich daher in SSW-Richtung von Soden-Salmünster

Abb. 30 Chloridverhältnisse der höchstkonzentrierten Mineralwässer zwischen Zechstein - Salinarbecken u. Oberrheingraben



nach Bad Orb bzw. nach Gelnhausen, Selters und Büdingen, in westlicher Richtung nach Bad Salzhausen und darüber hinaus nach Bad Nauheim, Bad Homburg, Bad Soden am Taunus und Wiesbaden. Zwischen Bad Salzhausen und Bad Vilbel liegen die Chloridkonzentrationen der zahlreich austretenden Mineralquellen stets weit unter 50 mval/l, wodurch in der großregionalen genetischen Betrachtungsmöglichkeit der Salzwässer fast am gesamten Ost- rand der Wetterausenke eine Lücke entsteht (vgl. Abschn. 5.3.3.1.1.).

Südlich Wiesbaden stehen dem Gefälle am Taunus-Südrand die höherkonzentrierten Wässer von Bohrung Olm I (in 300 m Tiefe erschlossen, HÖLTING 1969 b, S. 370), Dornheim (erschlossen in 930 m Tiefe) und Gasspeicher Hähnlein-West (erschlossen in 400 m Tiefe, alle HÖLTING 1969b, S. 374) gegenüber. Da diese Wässer im Untergrund des Oberrheingrabens und nördlichen Mainzer Beckens festgestellt wurden, ist ein unmittelbarer Zusammenhang mit den oben genannten, auf der Randverwerfung des Taunus liegenden und in wesentlich höherem Niveau als die Rheinebene austretenden Mineralquellen nicht wahrscheinlich. Es liegt daher nahe, in der Abnahme des Mineralgehaltes zwischen Bad Nauheim und Wiesbaden eine allmähliche Verdünnung der von Nordosten nach Südwesten wandernden Sole zu sehen (MICHELS 1926, 1965). Es ist jedoch nicht auszuschließen, daß die Mineralwässer der Taunusbäder lediglich Vertreter verschiedener Stock-

werke mit verschiedenen Mischungsverhältnissen zwischen einem hochkonzentrierten Mineralwasser in der Tiefe mit oberflächennahem süßem Grundwasser darstellen.

Auch bei den Chlorid-Verhältnissen lassen sich über größere Entfernung gleichsinnige Tendenz feststellen. So nimmt das N a t r i u m / Chlorid - Verhältnis zwischen Bad Salzschlirf und Bad Homburg fast kontinuierlich ab, das K a l i u m / Chlorid - Verhältnis steigt zwischen Büdingen und Wolfskehlen an, ebenso das C a l c i u m / Chlorid-Verhältnis von Bad Soden bei Salmünster über Bad Salzhausen bis Bad Homburg. Das S u l f a t /Chlorid-Verhältnis steigt von Bad Homburg nach Wiesbaden (HÖLTING 1969a, S. 347) und zu allen östlich gelegenen Quellen, z.B. Bad Salzhausen und Selters, an.

Derartige Tendenzen lassen sich über große Entfernungen jedoch nur für manche Ionen ermitteln. Insgesamt ändert sich die Mineralwasserbeschaffenheit bei Berücksichtigung der vorliegenden Analysen nicht nach erkennbaren Gesetzmäßigkeiten. Sie kann daher nicht als Argument für die Wanderrichtung der Sole herangezogen werden.

Auch für den Bereich der Wetterau gilt damit der von KREJCI-GRAF (1963, S. 430) festgestellte geringe Wert der konventionellen Ionen (Na, Ca, Mg, Cl, HCO_3 , SO_4) für die Faziesdiagnostik, der im vorliegenden Falle die Herkunftsdiagnostik entspricht (vgl. HÖLTING 1970, S. 22).

5.3.3.1.6. Spurenelemente

In Ergänzung von Tab. 15 sind in Tab. 11 die absoluten und relativen Werte der bisher im Gebiet zwischen Zechsteins-Salinar und Oberrheingraben in Mineralwässern untersuchten Spurenelemente aufgezeichnet (an einigen Vorkommen wurden Spurenelementuntersuchungen bereits wiederholt ausgeführt).

In Anbetracht der geringen Zahl ausführlicher Analysen lassen sich aus den vorhandenen Werten keine gesetzmäßigen Zusammenhänge ableiten. Bei systematisch durchzuführenden weiteren Untersuchungen dürfte jedoch auf diesem Gebiet besonders im Hinblick auf die Fragestellung der Herkunft der tiefgründig zirkulierenden Solen eine Klärung zu erwarten sein. Eine Prognose, welche Elemente hierbei im einzelnen eine wesentliche Rolle spielen werden, ist allerdings nicht möglich, da einerseits der Chemis-

Tab. 11 . Absolute und relative Spurenelementgehalte in Mineralwässern zwischen Zechstein-Salinar und Oberrheingraben.

(zugehörige Hauptionen s. Tab. 15, Analysen MV 23, MV 17, MV 59, MV 64, MV 77 und MV 87)

(relative Gehalte: Ion/Chlorid-Verhältnis $\times 10^{-6}$ = "Cl-Verh.")

	Bad Nauheim Spr. XII	Schwalheim Säuerling	Bad Vilbel Friedr.-K.	B.Salzhausen Neubg.	Selters Benedikt.Spr.	B. Salzschlirf Salzschl.Spr.
	mval Cl-Verh. mg	mval Cl-Verh. mg	mval Cl-Verh. mg	mval Cl-Verh. mg	mval Cl-Verh. mg	mval Cl-Verh. mg
Li ⁺	0,3156 617 2,19	0,1052 5570 0,730	0,2536 16300 1,76	0,48130 2640 3,340	0,2760 1750 1,916	0,915 1390 6,35
Ba ²⁺	0,0137 26,8 0,938	- -	- -	0,00482 26,5 0,330	0,0001 0,63 0,009	0,00002 0,0228 0,001
Sr ²⁺	1,097 2150 48,05	0,0225 1190 0,985	0,0929 5960 4,07	0,0340 187 1,490	0,1933 1230 8,467	0,315 478 13,82
Zn ²⁺	0,1349 264 4,41	0,0018 95 0,0595	0,0005 32,1 0,016	0,00076 4,17 0,025	0,0106 67,3 0,348	0,005 7,60 0,15
Al ³⁺	0,0345 67,5 0,31	0,0169 890 0,152	0,0039 250 0,035	0,01223 67 0,110	- -	1,168 1770 10,50
Cu ²⁺	0,0008 1,56 0,025	0,0001 3 0,0015	0,00019 12,1 0,006	0,00056 3,07 0,018	- -	0,001 1,52 0,05
Ni ²⁺	0,0008 1,56 0,023	- -	0,0004 25,6 0,012	0,00014 0,77 0,008	0,0001 0,06 0,004	- -
Pb ²⁺	0,0011 2,15 0,114	- -	0,00003 1,9 0,003	- -	- -	- -
Rb ⁺	- -	0,0005 26,5 0,047	0,0015 96 0,13	- -	- -	- -
Cs ⁺	- -	0,0001 5,29 0,0099	0,0003 19,2 0,04	- -	- -	- -
Be ⁴⁺	0,0003 0,59 0,0013	- -	0,00044 28,2 0,002	- -	- -	- -
Cr ³⁺	- -	- -	0,00004 2,6 0,0007	- -	- -	- -
Ag ⁺	- -	- -	0,00001 0,64 0,001	- -	- -	- -

Forts. Tab. 11.

	Bad Nauheim Spr.XII	Schwalheim Säuerling	Bad Vilbel Friedr.-K.	B. Salzhausen Neubg.	Selters Benedikt.Spr.	B. Salzschlirf Salzschl.Spr.
	mval Cl-Verh. mg	mval Cl-Verh. mg	mval Cl-Verh. mg	mval Cl-Verh. mg	mval Cl-Verh. mg	mval Cl-Verh. mg
Br ⁻	0,1192 233 9,53	0,0024 127 0,189	0,083 5320 0,66	0,03170 174 2,534	0,0047 29,8 0,375	0,000 0,00 0,00
J ⁻	0,0022 4,30 0,28	0,0007 37 0,093	0,0017 109 0,22	0,00019 1,04 0,025	0,0001 0,63 0,011	0,000 0,00 0,00
F ⁻	- -	0,0084 444 0,160	0,0489 3140 0,93	- -	- -	0,011 16,7 0,21
HPO ₄ ²⁻	0,0181 35,4 0,868	0,0019 100 0,091	0,0015 96,2 0,07	0,0042 23,0 0,200	0,0010 6,35 0,046	0,006 9,12 0,282
HAsO ₄ ²⁻	0,0123 24,1 0,863	0,0001 7,8 0,01	0,0046 295 0,32	0,0039 21,4 0,280	0,0009 5,71 0,063	0,0003 0,40 0,037
HBO ₂	0,1442 282 6,32	0,0157 830 0,6887	0,183 11700 8,0	0,05088 279 2,23	0,0130 82,8 0,569	0,867 1380 38,03
H ₂ TiO ₃	0,0004 0,78 0,036	0,0002 11 0,01	0,0002 12,8 0,018	0,00010 0,55 0,013	0,0007 4,44 0,007	0,001 1,52 0,11

mus der Primärlaugen in statu nascendi bzw. am Austritt der in Frage kommenden Salzlagerstättenkörper nicht bekannt ist (auch von anderen Lagerstätten sind nur vereinzelte Untersuchungen der Spurenelemente in Mutterlaugen bekannt; HERRMANN 1961) andererseits auf allen in Frage kommenden Wanderwegen (vgl. Abschn. 3.3.6.) der Sole die verschiedensten Gesteinstypen auftreten, die dem Mineralwasser durch Lösung, Fällung, in Anbetracht der vorliegenden geringen Spurenelement-Konzentrationen besonders aber auch durch selektiven Ionenaustausch, ihre Merkmale aufprägen und somit primär bestehende Charakteristika verfälschen können. Wie bei den Salzlagerstätten sind auch allgemein aus dem Bereich der sedimentären und metamorphen Gesteine wenige generell gültige Gesetzmäßigkeiten bezüglich des hydro-geochemischen Verhaltens der seltenen Elemente untersucht (vgl. KREJCI-GRAF 1963; HEM 1970; MATTHESS, in Druckvorbereitung). Der Verlauf weiterer Untersuchungen wird sich daher fast ausschließlich auf solche Ergebnisse stützen müssen, die im betrachteten Gebiet selbst aus Reihenuntersuchungen von Grundwässern und Nebengestein zu gewinnen sind.

KÜHN (1965) glaubt, aus dem Br/Cl-Verhältnis und Rb/K-Verhältnis der Wiesbadener Mineralwässer auf einen Ursprung der Sole im Zechsteinsalz des Fulda-Beckens E des Vogelsberges schließen zu können. HÖLTING (1969a, S. 350) weist jedoch darauf hin, daß der von KÜHN für carnallitische Zechstein-Salzlagerstätten angegebene Br/Cl-Verhältnis-Minimalwert an zahlreichen Stellen gleichen Alters erheblich unterschritten wird. Außerdem sind bei KÜHN keine vergleichenden Werte aus anderen Salinaren, z.B. aus dem Oberrheingraben, angeführt.

5.3.3.1.7. Transportierte Mineralstoffmengen

Zur Erfassung der im Arbeitsgebiet mit den Mineralwässern austretenden und damit im Untergrund weitgehend als Massendefizit erscheinenden Mineralstoffmengen wurden in Tab. 12 a für jeden Grundwasseraustritt die Schüttung, der Gehalt an festen gelösten Bestandteilen an Chlorid sowie die Lösungsfracht dieser Stoffe pro Sekunde zusammengestellt.

Die Gesamtmenge der im Arbeitsgebiet in gelöstem Zustand abtransportierten gelösten Stoffe beträgt hiernach ca. 804 g/s, wovon mit 78,5 % Anteil der weitaus größte Teil in Bad Nauheim austritt (s. Tab. 12 b).

Tab. 12 a. Übersicht der Schüttungen, Lösungsinhalte und Mineralfracht-
Beträge der heute bestehenden Mineralquellen in der Wetterau.
(In Klammern Zwischensummen darüberstehender Werte)

	Schüt- tung	feste Bestandteile	gelöste Fracht	Chlorid	Fracht	Datum
	l/s	mg/l	mg/s	mval/l	mval/s	der Messung
N Wettertal u. Taunusrand						
Gefäste Q. Ober-Hörgern	0,23	8 395	1 931	128,3	29,5	1967
Q. a.d. Junkermühle	0,05	11 261	563	178,9	8,9	1969
zahlreiche Sumpfabflüsse			1 300		16,2	1969
Sumpfabfl. l. Wetterseite	1,95	3 200	6 240	21,1	41,1	1969
Fauerbach v.d.H.	0,10	2 596	260	36,0	3,6	1969
Nieder-Rosbach	2,22	1 235	2 742	3,2	7,1	1968
	(4,55)		(13 036)		(106,4)	
Mittleres Wettertal						
Rockenberg (Sumpfabfl.)	1,72	300	516	2,5	4,3	1968
Selzerbrunnen	0,09	9 986	899	146,2	13,2	1968
Steinfurther Sauerling	0,04	2 623	105	23,1	0,9	1968
Q. nördl. Steinfurth (Sumpfabfl.)	3,00	500	1 500	6,5	19,5	1968
	(4,85)		(3 020)		(37,9)	
Südliches Wettertal						
Schwalheimer Sauerling	0,44	2 364	1 040	19,9	8,8	1968
Löwenquelle	2,50	3 623	9 058	34,4	86,0	1955
Germaniabrunnen	0,30	2 618	785	23,2	7,0	1967
Fortunaquelle	0,19	927	176	4,4	0,8	1956
Steinquelle	0,50	1 209	605	7,3	3,7	1957
	(3,93)		(11 664)		(106,3)	
Bad Nauheim						
Sprudel VII	4,31	26 424	113 887	406,3	1751,2	1956
Sprudel XII	10,23	32 669	334 204	511,2	5229,6	1956
Sprudel XIV	4,77	28 659	136 703	443,6	2116,0	1956
Kurbrunnen	0,80	17 320	13 856	264,3	211,4	1955
Karlsbrunnen	2,16	10 874	23 488	161,2	348,2	1956
Siedehausquelle	0,72	11 007	7 925	163,1	117,4	1955
Ludwigsbrunnen	0,66	1 514	999	11,9	7,9	1954
	(23,65)		(631 062)		(9781,7)	
Horloff - Niddatal						
Römerbrunnen	3,30	6 788	22 400	35,1	115,8	1959
Kreuzquelle	1,70	9 297	15 805	42,2	71,7	1953
Stadener Sauerling	0,18	2 573	463	23,3	4,2	1969
	(5,18)		(38 668)		(191,7)	
Selzerbrunnen Karben	1,05	3 920	4 116	20,8	21,8	1953
Taunusbrunnen	1,80	4 553	8 195	29,3	52,7	1936
Ludwigsbrunnen Karben	0,14	5 886	824	39,0	5,5	1953
	(2,99)		(13 135)		(80,0)	
Massenheimer Sauerling	0,50	1 823	911	5,6	2,8	1969
Summe	45,65		711 496		10306,8	

Forts. Tab. 12 a.

Quelle	Schüt- tung	feste gelöste Bestandteile		Chlorid		Datum der Messung
	1/s	Fracht mg/l	Fracht mg/s	mval/l	Fracht mval/s	
Übertrag	(45,65)	(711 496)		(10 306,8)		
Selters, Wippenbach						
Benediktussprudel	1,27	12 100	15 367	157,5	200,0	1948
Klosterbrunnen	0,01	11 868	119	158,6	1,6	1969
	(1,28)	(15 486)		(201,6)		
Lißberg	20	694	13 880	7,4	148,0	1970
Bad Salzhausen						
Solquelle I	0,17	13 323	2 265	198,7	33,8	1952
Solquelle III	0,06	17 118	1 027	259,1	15,5	1952
Solquelle V	0,10	12 135	1 214	182,1	18,2	1957
Solquelle VI	0,11	10 959	1 205	162,7	17,9	1958
Sole-Neubohrung	0,009	12 249	110	182,2	1,6	1960
Lithiumquelle	0,11	8 365	920	122,5	13,5	1966
Schwefelquelle	0,04	9 517	381	140,3	5,6	1952
Stahlquelle	0,02	1 391	28	15,3	0,3	1957
	(0,62)	(7 150)		(106,4)		
Büdingen						
Schwefelquelle	0,08	1 987	159	16,5	1,3	1953
Stahlquelle	2,00	1 140	2 280	9,5	19,0	1953
Q.am Rundholzplatz	1,00	994	994	5,4	5,4	1966
	(3,08)	(3 433)		(25,7)		
Bad Vilbel	15	52 200		200		
Gesamtsumme	<u>85,63</u>	<u>803 645</u>		<u>10 988,5</u>		

(mg-Gehalte s.Tab. 12 b)

Tab. 12 b. Zusammenfassung von Tab. 12 a

	Schüt- tung	feste gelöste Bestandteile		Chlorid		Anteil am ges.Gebiet %
	1/s	mg/s	Anteil am ges.Gebiet %	mval/s	mg/s	
Wettertal u. Taunusrand	13,33	27 720	3,5	250,6	8 885	2,3
Bad Nauheim	23,65	631 062	78,5	9 781,7	346 791	89,0
Horloff-u. Niddatal, Büdingen	11,75	56 147	7,0	300,2	10 643	2,7
Selters	1,28	15 486	1,9	201,6	7 147	1,8
Lißberg	~20	13 880	1,7	148,0	5 247	1,4
Bad Salzhausen	0,62	7 150	0,9	106,4	3 772	1,0
Bad Vilbel	15	~52 200	6,5	~200	~7 090	1,8
Gesamtsumme	<u>85,63</u>	<u>803 645</u>	<u>100,0</u>	<u>10 988,5</u>	<u>389 575</u>	<u>100,0</u>

Tab. 13. Mineralfracht-Berechnung der Mineralquellen zwischen
Zechstein-Salinarbecken und Oberrheingraben (Zusammenfassung)

	Gesamt-Schüttung		Mineral-Fracht		Anteil am	NaCl-
	l/s	m ³ /d ¹⁾	g/s	t/d ¹⁾	ges.Gebiet %	Fracht g/s
Wetterau (Arbeitsgebiet)	86	7 398	804	69	37,8	642
Bad Salzschlirf	5	465	131	11,3	6,2	105
Großenlüder, Fulda, Johannesberg	6	535	37	3,2	1,8	30
Bad Orb	7	600	145	12,5	6,9	115
Bad Soden bei Salmünster	6	530	532	46	25,2	479
Bad Homburg	2	140	25	2,2	1,2	20
Bad Soden/Ts., Kronthal	6	480	95	8,2	4,5	76
Wiesbaden, Weilbach, Rheingau	23	2 000	347	30	16,4	316
Summe	<u>141</u>	<u>12 148</u>	<u>2 116</u>	<u>182,4</u>	<u>100,0</u>	<u>1 783</u>

Tab. 14. Bilanz der in den Mineralquellen zwischen Fulda-Becken und
Oberrheingraben transportierten Stoffmengen (Übersicht)²⁾

Einheit	Wetterau (Arbeitsge- biet) (s. Tab.12)	übriges Gebiet (s. Tab.13)	Gesamt- gebiet
Schüttung	l/s	86	141
	m ³ /d	7 430	12 200
Gesamtfracht	g/s	804	2 120
	t/d	69	182
	t/a	25 400	66 700
Chlorid-Fracht	g/s	390	1 080
entsprechende Natrium- chlorid-Fracht ³⁾	g/s	642	1 783
	t/a	20 300	56 300
gelöst als höchstkonzen- trierte Sole (360 g/l)	l/s	1,79	4,96
Natriumchlorid-Volumen (bei D = 2,2)	m ³ /a	9 230	25 600
Lösungszeit für 1 km ³ Natriumchlorid	a	108 000	39 100
Natriumchlorid-Lösungs- volumen in 1 Mio. Jahren	km ³	9,3	25,6
Nichthalit-Salzfracht ⁴⁾	g/s	162	341
	t/d	14,0	29,5
	t/a	5 110	10 760
Nichthalit-Volumen (bei D = 2,8)	m ³ /a	1 830	3 850

- 1) (Mit Ausnahme des Arbeitsgebietes) Nach KÖBRICH 1939/1940) und REUL (1968, unveröffentlichtes Gutachten des HLfB).
- 2) Die Werte wurden jeweils aus den unterstrichenen, in vorstehenden Tab. ermittelten Zahlen direkt errechnet und hinter den ersten 3 Stellen abgerundet.
- 3) Aus Cl⁻ errechnet unter Annahme primärer Äquivalenz zwischen Cl⁻ und Na⁺.
- 4) Grober Orientierungswert, da ungenau durch Differenzbildung zwischen Gesamt-Fracht und Natriumchlorid-Fracht.

Bereits die Quellen Bad Salzhausens bleiben mit 0,9 % Fracht-Anteil (infolge ihrer geringen Schüttung) hinter den Mengen von Selters (1,9 % Frachtanteil) zurück. Bad Vilbel entspricht nach der bei diesem Ort nur verhältnismäßig grob durchführbaren Schätzung mit 6,5 % Gesamtfracht-anteil etwa demjenigen der restlichen in der Wetterau bekannten Mineralwasseraustritte (10,5 % Anteil).

Neben den zahlreich nachgewiesenen Grundwasserversalzungs-zonen in den Talauen unterstreicht besonders die bisher fast unbekannt gebliebene und doch mit 1,7 % den höchsten Gesamtfracht-Anteil aller natürlichen Quellen der Wetterau liefernde Lißberger Quelle, daß durchaus noch zahlreiche direkt in oberirdische Gewässer eintretende Mineralwasservorkommen oder süßwasserführende, jedoch durch hohe Schüttung und Mineralgesamtfracht bedeutende Quellen existieren können. Diese sind nur durch weitere ausführliche Grundwasser- und Quellenkartierungen zu finden.

Das Erkennen plötzlichen Chlorid- oder Hydrogenkarbonat-Zuwachses durch Mineralwasserzufluß an den Gewässern ist in den Haupttälern (wo auch in der Regel die Mineralwässer austreten) durch Beimischung von Abwässern und Ungenauigkeit der gängigen Meßmethoden nicht möglich. So bedeutet eine angenommene Ungenauigkeit von $\pm 5\%$ bei der Flüßmessung bei 870 l/s Abfluß und einem Gehalt von 86,7 mg Chlorid/l (Wetter unterhalb Ossenheim, Probenahme und Analyse v. Staatl. Chem. Untersuchungsamt Wiesbaden v. 27./28.9.1961) eine Unsicherheit von ± 3770 mg/s, insgesamt also eine Spanne von 7,5 g Chlorid/s.

Diese Chlorid-Menge übertrifft bereits bei weitem die Fracht der zwischen Steinfurth und Schwalheim austretenden Mineralquellen, d.h. die gesamte Mineralquellengruppe könnte bei dieser Untersuchungsmethode übersehen werden.

Die Chlorid-Fracht aller im Arbeitsgebiet austretenden Mineralwässer hat an der Chloridfracht der Nidda am Pegel Bad Vilbel bei $10,8 \text{ m}^3/\text{s}$ Abfluß (MQ der Jahre 1956-1965) und 190 mg/l Chloridgehalt einen Anteil von rd. 17 %.

Führt man die Salzfracht auf die Auslaugung einer Evaporit-Lagerstätte zurück (vgl. Abschn. 5.3.3.6.), so ist die Auslaugungsgeschwindigkeit der Lagerstätte in größter Annäherung aus der Natriumchlorid-Fracht ($m_{\text{val Cl}^-} \times 1,648$) errechenbar, da mit größter Wahrscheinlichkeit neben vernachlässigbar geringen Anteilen anderer Salze primär hauptsächlich

dieses Salz aus der Lagerstätte gelöst wurde. Dies wird durch die Beobachtung unterstrichen, daß unter geologisch gleichen Verhältnissen höherkonzentrierte Solen in der Regel die höchsten Chlorid- und Natrium-Äquivalenzanteile aufweisen. An Halit höchstkonzentrierte Mineralwässer (nach D'ANS & LAX 1949 : 360 g NaCl/l) wurden im Arbeitsgebiet und der näheren Umgebung der NeuhoF-Fuldaer Salzlagerstätten nicht bekannt. Vergleichbare hydrogeologische Verhältnisse liegen jedoch am E-Rand des Werra-Fulda-Salinarbeckens vor, wo in Bad Salzungen in Bg. II eine Sole mit 265,2 g/l festen gelösten Bestandteilen ein Chlorid-Anteil von 98 mval % angetroffen wurde.

Analog kann angenommen werden, daß auch bei den Mineralwässern des Arbeitsgebietes fast der gesamte Chlorid-Anteil (390 g/s) primär in äquivalenter Natrium-Bindung als Halit vorlag, was einer Menge von 642 g/s Natriumchlorid bzw. bei einer Dichte von 2,2 einem Volumen von 292 cm³/s bzw. 9230 m³/a entspricht.

Die aus der Differenz Gesamtfracht abzüglich Na-Cl-Fracht hervorgehende Menge der übrigen gelösten Stoffe (ca. 162 g/s) ist zum größten Teil auf Auflösung von Kalk (D=2,7), Dolomit (D=2,85-2,95), untergeordnet von Anhydrit (D=2,9-3) bzw. Gips (D=2,3-2,4) sowie in - entsprechend dem Ungenauigkeitsgrad der Rechnung - vernachlässigbaren Mengen auf seltene Evaporitminerale zurückzuführen, was bei Annahme einer mittleren Dichte von 2,8 58 cm³/s bzw. 1830 m³/a entspricht. Wie das relative Ansteigen dieser Ionen in den geringerkonzentrierten Mineralwässern zeigt und am speziellen Beispiel der Bad Nauheimer Sprudel dargelegt wurde, entstammen diese Stoffe zum großen Teil (Ausnahme: Sulfate) weniger den Evaporit-Lagerstätten als vielmehr der engeren Umgebung der Quellen. Ihre Auslösung verursacht eine ständig fortschreitende Kalkauslaugung bzw. Verkarstung des Untergrundes.

Insgesamt ergibt sich rechnerisch für das Arbeitsgebiet ein jährlich durch Mineralauslaugung entstehender Hohlraum von ca. 11 100 m³.

Die Summe steigt auf insgesamt 29 500 m³/a Lösungsvolumen entsprechend 2 120 g/s Gesamtfracht an, wenn man die Schüttung der näher am Zechstein-Salinar gelegenen Mineralquellen von Bad Salzschrif, Großenlütter, Bad Orb und Bad Soden bei Salmünster sowie die W des Arbeitsgebietes am S-Rand des Taunus bis in den Rheingau austretenden Mineralwässer berücksichtigt. Die Gesamt-Na-Cl-Fracht und damit der aus dem Körper der Salzlagerstätte entstammende Anteil beträgt hiervon ca. 25 600 m³/a.

Zur Berechnung der nicht auf das Arbeitsgebiet bezogenen Werte wurden z.T. Schüttungswerte von KÖBRICH (1939) verwendet, da auch dessen Berechnungen über die Mineralstoffmengen der Bad Nauheimer Quellen mit den vorliegenden Untersuchungen zu ähnlichen Ergebnissen führten. Der Versuch dieses Autors, in Ermangelung von älteren Analysen und Schüttungsmessungen auf dem Wege über die Salzproduktion der in der Wetterau gelegenen Salinen und Bäder sowie über alte, lückenhafte historische Angaben zu den bisher insgesamt gespendeten Stoffmengen zu gelangen, erscheint recht spekulativ und für die hydrogeologische Fragestellung wenig hilfreich. So setzt KÖBRICH für die Zeit von 1720-1820 "mindestens" 2000 t Salzfracht/Jahr und damit nur ca. 10 % der heutigen Menge an, obwohl nach der Angabe von WILLE (1828) anzunehmen ist, daß bereits zu Beginn des 19. Jh. bei gleicher Schüttungsmenge und Maximalkonzentration (vgl. Abschn. 5.3.1.1.2.) die Gesamtspende pro Zeiteinheit in ähnlicher Höhe wie in jüngster Zeit lag. Für die keltische und römische Zeit setzt er einschließlich der ungenutzt abgeflossenen Sole 3 t Salzfracht/a ein, eine Menge, die bei der von ihm für diese Zeit vermuteten Gesamtkonzentration von 1,5 ‰ in einer Quelle von 0,06 l/s Schüttung abgeflossen wäre und in ihrem Frachtwert von keiner bekannten Mineralquelle der Wetterau unterschritten wird.

Für die Bewirtschaftung der regelbaren Bad Nauheimer Sprudel ist der Vergleich insofern von Bedeutung, als eine Erhöhung der Gesamtfracht durch die Nutzung der Tiefbohrungen eine Störung des natürlichen Gleichgewichtes bedeutet haben würde, was aber bei Berücksichtigung der Angaben WILLES als n i c h t gegeben erscheint.

Bei der Ü b e r t r a g u n g der heute bestehenden Konzentrations- und Abflußverhältnisse in g e o l o g i s c h e Z e i t r ä u m e und einer Berechnung der daraus resultierenden Lösungsmengen bzw. Volumina ist die Wahrscheinlichkeit, eine genau den abgelaufenen Vorgängen entsprechende Bilanz zu erhalten, äußerst gering, da ein Großteil der den Mineralwasserfluß im Untergrund beeinflussenden Faktoren sich im Laufe der Zeit entscheidend verändern kann. So wird u.a. die M e n - g e des in die Salzlagerstätte eingespeisten süßen Grundwassers durch klimatische und lithologische Veränderung (z.B. Niederschlagsänderung, verschieden beschaffene Hangendschichten beim Fortschreiten des Salzhangs und dadurch wechselnde Grundwasserneubildung etc.) über längere Zeiträume verschieden sein. Die F l i e ß g e s c h w i n d i g -

k e i t der Sole im Untergrund wird durch Lösung oder Fällung von Mineralien erhöht oder vermindert. Als wesentlicher Faktor sind t e k t o n i s c h e B e w e g u n g e n des Untergrundes zu betrachten, die k u r z f r i s t i g veränderte Fließbedingungen (Öffnen und Schließen von Klüften, Abschluß wasserleitender Schichten an Verwerfungen) hervorrufen. In der Wetterau dürfte hierfür besonders der Horloffgraben von Bedeutung sein, in dem sowohl morphologische und sedimentologische Anzeichen (SCHENK 1955) als auch Wiederholungs-Nivellements (KUTSCHER, PRINZ & SCHWARZ 1968, S. 53) auf rezente Bewegungen hinweisen. Einflüsse von Erdbeben werden aus den Jahren 1790 - 1802 bezüglich Bad Salzhausen (angebliche Schüttungsänderung, Abschn. 5.3.1.1.5.) und Bad Nauheim (Rotfärbung der Sole, MÜLLER 1951) berichtet. Als krasses Beispiel kann außerhalb des Arbeitsgebietes die Entstehung der inzwischen wirtschaftlich bedeutenden Mineralquelle von Oberselters im mittleren Taunus (ca. 37 km SW Bad Nauheim) infolge eines Erdstoßes im 18. Jh. (STEMGEL-RUTKOWSKI 1970) bei gleichzeitiger Ergiebigkeitsänderung der ca. 2 km benachbarten Mineralquelle von Niederselters angeführt werden. Über diese kurzfristigen Vorgänge hinaus sind die über l ä n g e r e Z e i t r ä u m e erfolgenden Veränderungen der Höhenunterschiede und damit der hydraulischen Verhältnisse im Grundwasser von Bedeutung. Nach FULDA (1923) und HOPPE (1944) hatte die Salzauslaugung der Zechstein-Salzlagerstätten Mittelhessens bereits in jungmesozoischer Zeit begonnen, doch waren die Höhendifferenzen während des gesamten Tertiärs noch keineswegs in dem Maße ausgebildet wie heute (Meeresingression der Hessischen Straße, Entstehung des Vogelsberges). Wohl sind auf Bl. 5523 Neuhaus eine Auslaugungssenke vermutlich miozänen Alters sowie mehrere pliozän entstandene Senken vorhanden (LAEMMLEN 1970, S. 140), jedoch setzte eine intensive Salzauslaugung am Rande der Lagerstätte vermutlich erst zur Zeit der intensiven Bewegungsphase und der gleichzeitig erfolgenden relativen Emporwölbung und Absenkung einzelner Zonen im Gebiet des Zechsteinsalinars ein, als das Gefälle für eine stärkere Grundwasserbewegung entstand.

Nach der Mächtigkeitlinien-Darstellung der primären Steinsalzverbreitung von TRUSHEIM (1964) kamen auf der ca. 200 km² großen Fläche zwischen Bad Soden bei Salmünster, Hauswurz, Fliesen, Gundhelm - Bad Soden bei Salmünster W des heutigen Salzhanges (LAEMMLEN 1970, Beibl. 1) Steinsalzlager von 100 m (im SW) bis 200 m (im NE) Mächtigkeit zur Ablagerung, deren Gesamtvolumen ca. 20-25 km³ entspricht. Eine geringere Salzmenge dürf-

te nach der zitierten Darstellung in der dieses Gebiet im SW umgebenden geringermächtigen Randzone gelegen haben. Betrachtet man das Quartär wegen seiner den heutigen Verhältnissen vermutlich ähnlichen hydraulischen Bedingungen als Auslaugungszeitraum für das überschlägig errechnete Salzvolumen, so stimmt die daraus abzuleitende Transportrate größenordnungsmäßig gut mit der heutigen Na-Cl-Fracht aller W des Zechsteinsalinars gelegenen Mineralquellen (ca. 25 km^3) überein (vgl. Tab. 14).

5.3.3.2. Temperaturen der Mineralwässer

Die in der Wetterau an Mineralquellen und Brunnen beobachteten Wassertemperaturen sind in Abb. 31 dem Chloridgehalt gegenübergestellt. Die höchsttemperierten und mit über 20°C als thermal zu bezeichnenden frei austretenden Mineralwässer finden sich hiernach in den Bad Nauheimer Sprudeln XII ($33,0^\circ \text{C}$), XIV ($31,12^\circ \text{C}$), VII ($30,05^\circ \text{C}$) sowie dem Kurbrunnen ($20,1^\circ \text{C}$) und dem ehemaligen Gassprudel ($20,5^\circ \text{C}$).

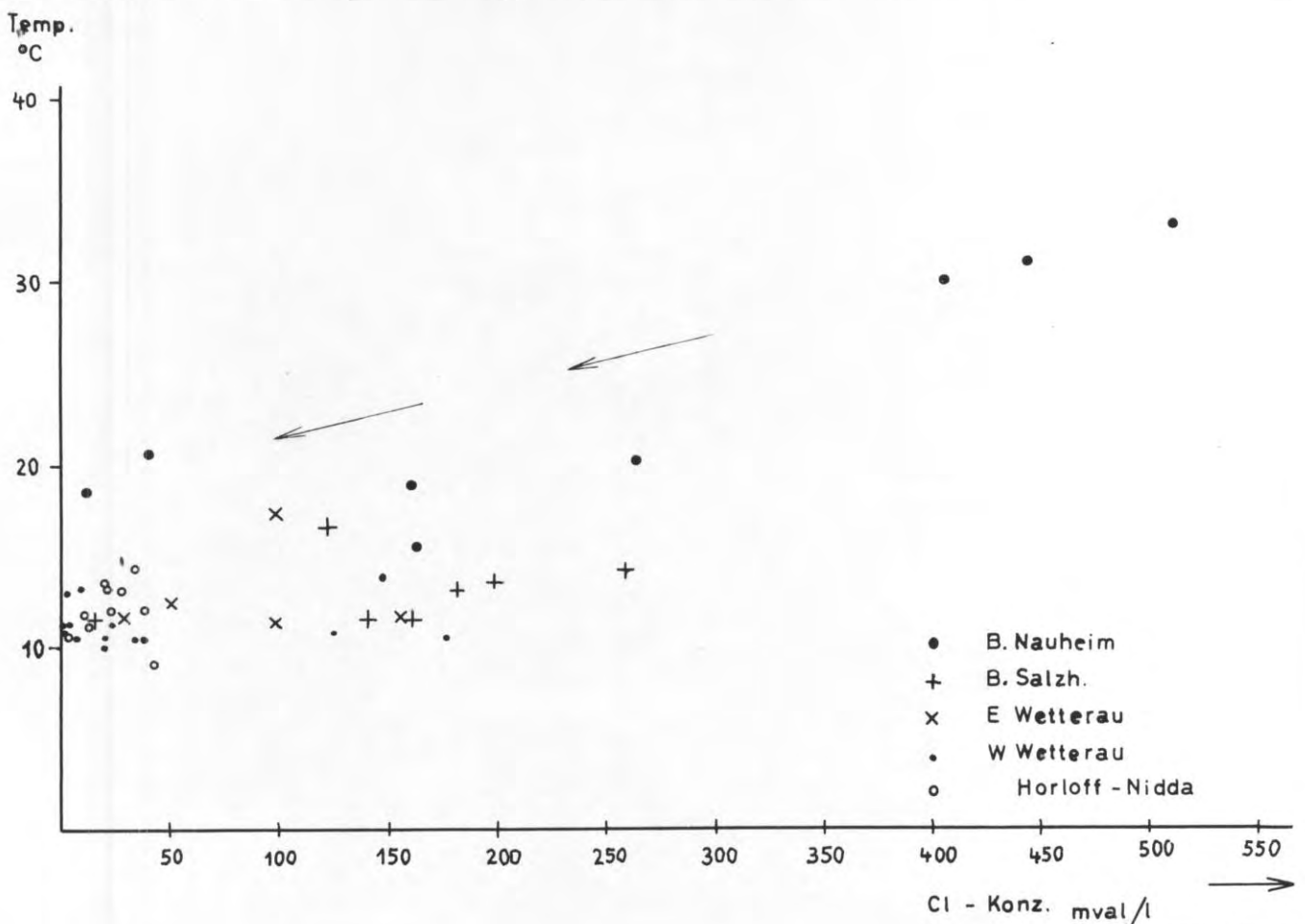


Abb. 31. Temperaturen der Mineralwässer in der Wetterau.

Legt man die in der Wetterau zu vermutende geothermische Tiefenstufe von 30 m pro 1°C Temperaturzunahme und eine mittlere Lufttemperatur von 8°C zugrunde, so entströmt die Sole mindestens einer Tiefe von 800 m. Entsprechend dem verschiedenen Verdünnungsgrad der warmen Tiefensole durch hinzutretendes kälteres Süßwasser nehmen die Wassertemperaturen bei den einzelnen Quellen deutlich mit dem abnehmenden Chloridgehalt ab.

Da theoretisch das Wasser einer Quelle durch Verdünnung des in einer anderen Quelle des gleichen Quellortes austretenden höherkonzentrierten Mineralwasser entstanden sein kann (vgl. Abschn. 5.3.2.1.), ist in der graphischen Darstellung jeweils die Temperatur des verdünnenden Wassers aus dem Schnittpunkt der Ordinate ($\text{Cl}^{-} = 0$ bzw. 1 mval/l) mit der Geraden, auf der die Temperatur-Parameter der beiden Mineralwässer liegen, bestimmbar. Daher fällt auf, daß, bezogen auf Sprudel XII, die Sprudel XIV und VII, der Gassprudel und der Ludwigsbrunnen durch Süßwasser verdünnt zu werden scheinen, deren Temperaturen zwischen 17° und 20° liegen (siehe Pfeil), ihrerseits also nahezu (mineralarme) Thermalwässer darstellen. Nimmt man jedoch nicht höher temperierte Süßwässer als Verdünner an, so müßten in Umkehrung des beschriebenen Ablesevorganges Solen von erheblich höherer Temperatur als die beobachteten 33°C im Untergrund Bad Nauheims vorliegen.

Diese Berechnung ist auch in Bad Salzhausen anwendbar, wo einerseits die höchstkonzentrierte Quelle mit 259,1 mval/l Chlorid nur $14,1^{\circ}\text{C}$, andererseits die Lithiumquelle mit nur 122,53 mval/l Chlorid jedoch $16,5^{\circ}\text{C}$ aufweist und damit auf vorhandenen Temperaturen von über 25°C bei höherer Chlorid-Konzentration hinweist. Tatsächlich wurden in der 1900/1901 niedergebrachten Tiefbohrung Temperaturen bis 36°C und in der 1906 niedergebrachten Tiefbohrung Temperaturen von $36-40^{\circ}\text{C}$ beobachtet. Das Mineralwasser dürfte demnach - die übliche geothermische Tiefenstufe vorausgesetzt - aus einer Tiefe von rd. 1000 m aufsteigen. Unter Berücksichtigung der beim Aufstieg in oberflächennahen Schichten erfolgenden Abkühlung muß es jedoch aus einer noch größeren Tiefe entstammen. Die anderen Bad Salzhausener Mineralquellen weisen mit maximal 14°C nur auf geringfügigen Einfluß von thermalen Tiefenwässern hin.

Von den übrigen Quellen der Wetterau fallen durch erhöhte Temperaturen zwischen 12° und 14°C der Römerbrunnen (Grund-Schwalheim), der Nieder-Rosbacher Brunnen und die Groß-Karbener Mineralquellen auf und geben damit einen schwachen Hinweis auf ihren Zusammenhang mit der Tiefensole.

Alle anderen beschriebenen Mineralwasseraustritte weisen Temperaturen zwischen 10 und 12° C auf. Sie unterscheiden sich daher nicht mehr eindeutig von der Temperatur zahlreicher in der Wetterau austretenden Süßwasserquellen.

5.3.3.3. Bakterien und Pollen in den Bad Nauheimer Mineralwässern

Im Jahre 1959 gelang es DOMBROWSKI, aus der Sole der Bad Nauheimer Sprudel Pflanzen-Pollen und lebende Sporen, u.a. der Bakterie *Bacillus circulans*, nachzuweisen und zu isolieren (DOMBROWSKI 1960 a, b, 1961, 1962, 1969). Da gleichartige Pollen bereits von KLAUS (1955) und LESCHIK (1958) im Werra-Fulda-Zechsteinbecken, u.a. bei Neuho/Krs. Fulda, nachgewiesen worden waren und es DOMBROWSKI selbst (1961, s. auch 1963) gelungen war, lebende Bakterien von *Bacillus circulans* aus dem Salz des Zechsteins zu isolieren, auf Nährböden zu züchten sowie morphologische und biochemische Versuche durchzuführen, betrachtete DOMBROWSKI (1963b, S. 477) dies als eindeutigen Beweis für die von Geologen schon früher "per exclusi-onem" geäußerten Vermutung, daß die Bad Nauheimer Sole ihren Ursprung in den Auslaugungszonen der Neuhofer Zechstein-Salzlagerstätten habe.

Durch zwischenzeitliche Veröffentlichungen wird die Beweiskraft der Mikrofossilführung jedoch erheblich in Frage gestellt. Aus dem, im Vergleich mit rezent bekannten Stämmen von Bakterium *Bacillus circulans* beobachteten, unterschiedlichen biochemischen Verhalten der fossilen Bakterienkolonien hatte DOMBROWSKI (1961) auf prinzipiell bestehende phylogenetisch bedingte Unterschiede geschlossen und als Beweis der Bakterienfossilität betrachtet. MEYER (1963) wies jedoch auf die von DOMBROWSKI unberücksichtigten Ergebnisse amerikanischer und russischer Autoren hin, aus deren Sicht sowohl die in Bad Nauheim angewandte Bestimmungsmethode in Frage zu stellen ist (Mobilität ist auch bei mindestens 5 anderen Bakterienarten vorhanden), als auch die sehr unterschiedliche biochemische Verhaltensweise ebenso für rezente Arten von *Bacillus circulans* typisch ist. Es ist daher nicht auszuschließen, daß *Bacillus circulans* rezent mit auslaugenden Süßwässern am Salzhang oder mit verdünnenden Süßwässern auf dem Weg zum Soleaustritt in das Mineralwasser gelangt. Wie in Abschn. 5.3.2.1. dargelegt wird, findet solche Verdünnung in der Tiefe noch unmittelbar in der Umgebung der Bad Nauheimer Sprudel statt.

Die in der Literatur vieldiskutierte Fragestellung, ob die im Zechstein-salz selbst nachgewiesenen lebenden Bakterien in der Tat Zechsteinalter aufweisen, wird hiervon nicht berührt.

Von den im salinaren Zechstein des Werra-Fulda-Beckens bekannten und durch DOMBROWSKI (1960 b, 1962, 1965) in den Bad Nauheimer Sole nachgewiesenen Pollen wurde ein großer Teil von SCHAARSCHMIDT (1963) auch in den Schichten der nichtsalinaren Zechstein-Randfazies bei Büdingen nachgewiesen. Die Bad Nauheimer Arten treten z.T. bereits im unteren Zechstein mit solcher Häufigkeit auf (z.B. *Lueckisporites virkkiae* R. POTONIE & KLAUS 1954), daß mit ihrem Vorkommen bereits im Rotliegenden gerechnet werden muß. Sie können daher von der Salzsole auch in geringer Entfernung von Bad Nauheim aus permischen Schichten ausgeschwemmt worden sein. Beide Schichtglieder sind von Osten her bis zum Ostrand des Horloff-Grabens nachgewiesen und zumindest das Rotliegende ist mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit im Untergrund der Wetterau-Senke vorhanden.

Weder der Nachweis von permischen Pollen noch der von *Bacillus circulans* in der Bad Nauheimer Sole stellt daher einen endgültigen Beweis für die Herkunft der Sole dar.

5.3.3,4. Die Hydraulik der Mineralwässer

Die Mineralquellen des Arbeitsgebietes treten in Höhenlagen zwischen 106 m über NN (Bad Vilbel) und 214 m über NN (Fauerbach v.d.H.) aus (Abb. 32).

Klammert man den Hebungseffekt des "Kohlensäureliftes" (Abschn. 5.3.31.4.) aus, so müssen die für den Aufstieg und das Zutagetreten des Mineralwassers verantwortlichen Kräfte auf hydraulischen Überdruck höher gelegener Gebiete zurückgeführt werden. Meteorisches Wasser dringt in Hochgebieten in den Untergrund ein, reichert sich je nach Beschaffenheit des Grundwasserleiters mit Mineralstoffen an, um dann in Richtung des größten Druckgefälles z.T. über große Entfernung wieder zur Erdoberfläche emporzusteigen und als Quelle auszutreten.

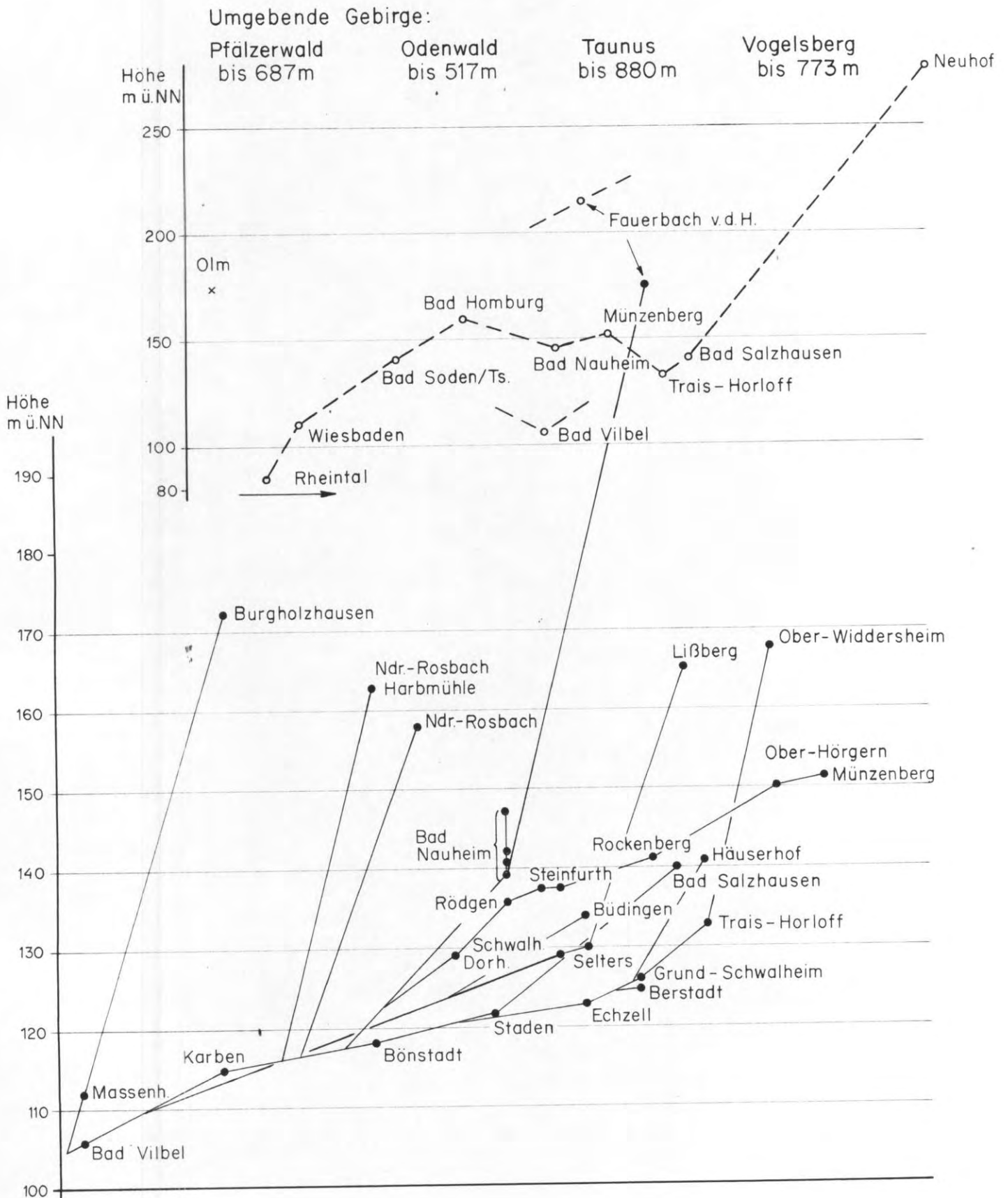
Die Eindringtiefe des bewegten Wassers ist hierbei ausschließlich von der Wegsamkeit des Grundwasserleiters, nicht aber von der relativen Höhenlage der in Auslaugung befindlichen Lagerstätte zum umgebenden Gelände bzw. zur Meereshöhe abhängig. Offene Klüfte hoher Wegsamkeit sind

aus anderen Gebieten sowohl bei Kluft- als auch bei Karstgrundwasserleitern bis in Tiefen von über 1 000 m bekannt (NÖRING 1954, S. 198, MATTHESS 1970, S. 43).

Bei den betrachteten Mineralwässern ist aus der Höhenlage der Quellen ein kontinuierliches hydraulisches Druckgefälle von den östlich gelegenen Gebieten mit Salzlagerstätten in der Tiefe zur Wetterau hin erkennbar. Versickerungsgebiete, in denen verstärkt Oberflächenwasser in größere Tiefen abgegeben werden, liegen z.B. im Bereich des heutigen, intensiv gestörten Salzhangs in der Umgebung von Neuhaus/Krs. Fulda vor. Dort sind in mehreren Teilniederschlagsgebieten der Fliede und Kemmete hohe Abflussspenden-Defizite bzw. Bachwasserversickerungen festzustellen (SCHARPFF 1970b, S. 166 ff). In den Kluft- und kavernenreichen Randzonen des liegenden Zechstein-Salinars reichert sich das Grundwasser bis zur Sättigung an. Auf Grund der bestehenden Druckdifferenzen ist entgegen dem oberirdischen Gefälle unterirdisch eine bevorzugte Abwanderung der Sole nach W und SW wahrscheinlich. Die Grundwasseroberfläche fällt nämlich in SW-Richtung auf ca. 15 km Entfernung bis Steinau im Niederschlagsgebiet der Kinzig um 120 m ab, wogegen im Gebiet der Fulda die gleiche Höhendifferenz erst in ca. 75 km Entfernung bei Malsfeld Krs. Melsungen erreicht wird. Die 130 m-Höhenlinie wird W im Horloff-Tal in rd. 50 km Entfernung von Neuhaus erreicht, an der Fulda dagegen erst bei Wohnhausen, Krs. Kassel, in rd. 100 km Entfernung unterschritten. Der Soleaufstieg erfolgt in der Wetterau bevorzugt im hydraulischen Entlastungsbereich sich kreuzender Störungszonen.

In dem dazwischenliegenden Bereich des Vogelsberges tritt - mit Ausnahme des tektonisch stark beanspruchten Salzhausener Gebietes - keine Druckentlastung des Mineralwassers auf, was vermutlich auf die abdichtende Wirkung der vorwiegend basal lagernden Tuffe zurückzuführen ist. So wurde bei mehreren Tiefbohrungen nach Durchteufen der Vulkanite im Nidda- und Niddertal Mineralwasser angetroffen (vgl. Abschn. 5.3.1.2.4. und 5.3.1.2.5.). Im W anschließenden Horloffgraben wird die gleiche Wirkung durch die tonigen Sedimente des Tertiärs erreicht (s. Abschn. 4.1.). Ihre abdichtende Wirkung ist auch für die verhältnismäßig geringe Durchlässigkeit der Grabenostand-Verwerfung und die dadurch entstehenden geringkonzentrierten Mineralquellen verantwortlich.

Abb.32 Höhenlage der Mineralwasservorkommen zwischen Zechstein-Salinarbecken und Oberrheingraben



Druckentlastung bis in große Tiefe und dadurch Förderung hochkonzentrierter Sole erfolgt dagegen wegen fehlender abdichtender Überlagerung über verkarsteten Grundwasserleitern am Ostrand des rheinischen Schiefergebirges und am S-Rand des Vogelsberges.

Unter Annahme artesisch gespannten Grundwassers ließe sich hydraulisches Druckgefälle zur Wetterau hin auch von W und S gelegenen höheren Gebieten her, z.B. dem Pfälzerwald und Odenwald (auf Grund der bestehenden Höhenunterschiede), konstruieren, woraus eine Salzbewegung der im Untergrund des Oberrheingrabens nachgewiesenen Mineralwässer in den Bereich der Wetterau denkbar wäre. Es ist jedoch kaum vorstellbar, daß solche gespannten Wässer an den zwischenräumlich vorhandenen tiefgreifenden und vermutlich auch in vertikaler Richtung gut wasserwegsamem rheinischen Randverwerfungen des Oberrheingrabens keine Druckentlastung erleiden und deshalb nicht aufsteigen sollten.

5.3.3.6. Überlegungen zu Herkunft und Wanderweg der Wetterauer Mineralwässer

Wie aus den Abschn. 5.3.3. bis 5.5.5.4. hervorgeht, lassen sich weder bei chemischer noch bei physikalischer Betrachtung großräumige Entwicklungstendenzen und damit Belege für die Herkunft der Mineralwässer in der Wetterau ermitteln. Auch der zunächst eindrucksvolle mikrobiologische Nachweis von Faunenwanderung in der Sole erscheint als eindeutiger Beweis hierfür nicht ausreichend.

Im Hinblick auf die insgesamt überaus großen transportierten Mineralstoffmengen ist der Ursprung der gelösten chloridischen Salze nur durch Auslaugung großer Evaporitlagerstätten vorstellbar. In der Umgebung des Arbeitsgebietes liegen solche sowohl in Form des Zechstein-Salinars des Fuldaer Beckens und ihrem auf der Linie Neuhaus - Oberroda - Schlitz (KÖBRICH 1926a, TRUSHEIM 1964, LAEMMLEN 1970) verlaufenden W-Rand, als auch in Form der bei Worms in 1770 m Tiefe im Oberrheingraben in aquitanen Schichten erbohrten Salzlager (WAGNER 1947, 1955) vor.

Im Gegensatz zu der südlich gelegenen Lagerstätte ist auf Grund hydrodynamischer Überlegungen (Abschn. 5.3.3.4.) bei den Lagerstätten des Fulda-Gebietes Auslaugung und tiefgründige Abwanderung von Sole zum Niederschlagsgebiet der Kinzig und Nidda hin sowie entlang der Zerrüt-

tungszone der südlichen Taunusrandstörungen bis in den Rheingau ableitbar. Das Ergebnis entspricht einer Hypothese, die bereits von CHELIUS (1904, 1905b; Herleitung der Sole von Zechstein-Salzlagerstätten unter dem Vogelsberg) entwickelt und von der Mehrzahl später tätiger Wissenschaftler übernommen wurde (STEUER 1912, 1921, MICHELS 1926, 1965, NÖRING 1952, 1961, OTT & DOMBROWSKI 1959, MATTHESS 1970). Die Anschauung wird unterstützt durch die größenordnungsmäßig gute Übereinstimmung zwischen den langfristig von den Mineralquellen geförderten Stoffmengen und dem im gleichen Zeitraum im Zechstein-Salinar vermutlich eingetretenen Massendefizit (vgl. Abschn. 5.3.3.1.7.).

Auf Grund der Gefällsverhältnisse wäre auch eine Sole-Herkunft aus Zechsteinschichten der Frankenberger Bucht nicht auszuschließen. Die geringe Stoffmenge der dort möglicherweise vorhandenen Salzlagerstätten (HÖLTING 1969a, S. 346) dürfte jedoch für eine Belieferung der betrachteten Mineralquellen nicht ausreichen.

Auch über Wanderweg und Wandergeschwindigkeit der Tiefen-Sole lassen sich keine sicheren Angaben machen. Allen Überlegungen ist voranzustellen, daß die äußerst niedrige Menge maximal konzentrierter Sole, die im Stande wäre, die Mineralquellen des betrachteten Raumes zu beliefern (1,79 l/s für die Wetterau, 4,96 l/s für das Gesamtgebiet zwischen Zechstein-Salinar und Oberrheingraben; vgl. Abschn. 5.3.3.1.7.) äußerst gering ist. Ihre Wanderung kann sich daher auf engsten Fließwegen oder - bei Fortbewegung in breiteren Zonen - mit extrem niedriger Abstandsgeschwindigkeit vollziehen.

Infolge ihres hohen spezifischen Gewichtes unterschichtet die Primärsole mit Austritt aus dem Salzkörper geringer mineralisiertes Grundwasser. Zwischen Salinar und Wetterau strömt sie zweifellos bevorzugt in den verkarsteten Schichten des Zechstein-Plattendolomits, an dessen Ausbiß daher auch die Mineralquellen von Selters, Büdingen und Gelnhausen gebunden sind. Der Geringmächtigkeit dieses Schichtgliedes wegen muß bei tektonischem Versatz von Schollen die Verbindung über Kluftgrundwasserleiter hergestellt sein, deren meist geringere Wasserwegsamkeit daher die Gesamt-Abstandsgeschwindigkeit der Sole bestimmt.

Die Richtung solcher Klüfte ist wegen der meist bis in den kleinsten Kluftbereich vorhandenen Vernetzung mit der Gegenrichtung und der deshalb für die Lösung bestehenden Möglichkeit, insgesamt auch winklig zur Hauptklüftung zu wandern, vermutlich von geringer Bedeutung.

In der zentralen und westlichen Wetterau sitzen die Quellen bevorzugt rheinisch (unteres Horloff- und Niddatal) und eggisch bis herzynisch (unteres Wettertal) streichenden Bruchlinien auf, die den jüngeren Bewegungszonen entsprechen. Schwächer ausgebildete, aber fast stets vorhandene Quertektonik in Quellnähe deutet sich durch einmündende Seitentälchen an und zeigt, daß diese Richtung bei der Solewanderung und ihrem Aufstieg ebenfalls eine Rolle spielt. Großräumig ist sie besonders im Bereich des Vogelsberges von Bedeutung (vgl. Abschn. 4.2.) und vermutlich bis in jüngste Zeit aktiv (freundl. mündl. Mitt. der Herren Dr. DIEDERICH und Dr. SCHENK).

Eine der wichtigsten E-W-verlaufenden Störungen, die den Horloffgraben am nördlichen Ende abschließende Hungener Verwerfung, dürfte auch eine der wichtigsten hydraulischen Verbindungen zwischen der östlichen und der westlichen Wetterau darstellen. Auf ihr liegen besonders ergiebige Süßwasservorkommen der Inheidener Wasserwerke des ZOV. In ihren tiefergelegenen zerrütteten Zonen ist dagegen Zirkulation von Mineralwasser nicht auszuschließen, obwohl in dem überlagernden erschlossenen Süßwasserstockwerk keine Anzeichen hierfür vorliegen.

Möglicherweise bestehen auch direkte Verbindungen zwischen den Karstgrundwasserleitern des Zechsteins und des Mitteldevons (Massenkalk). Hierfür kommt nur der tiefere Untergrund des nördlichsten Niddatales (Oberwald) in Frage. Durch die Lage dieses Gebietes im Kreuzungsbereich der nach NW verlängerten Schlüchterner Mulde (HUMMEL 1929, S. 37 u. 38) und des Oberwaldgrabens (SCHOTTLER 1937, S. 65) sind die verkarsteten Schichten des Zechsteins hier erst unter einer Überdeckung von rd. 300 m Basalt, mindestens 150 m sedimentären Tertiärs (beides erschlossen in Tiefbohrung Rainrod I) und rd. 500 m Buntsandstein (s. Abschn. 4.1.) in rd. 950 m Tiefe zu erwarten. W der Seentallinie (s. Abschn. 4.2.) sind Schichten des Paläozoikums in der Horststruktur von Rabertshausen emporgehoben. In Anbetracht der hier an der Erdoberfläche anstehenden Rotliegend-Schichten ist das variscisch gefaltete Paläozoikum dieses Horstes ebenfalls wahrscheinlich in weniger als 1000 m Tiefe zu erwarten. Unsicherer ist ihre Tiefenlage im Untergrund des Horloffgrabens, da das Tertiär bisher noch nicht durchteuft wurde und mit Annäherung an den Rand der Saar-Senke Prognosen über Mächtigkeiten der Liegendschichten noch unsicherer werden. Unterstellt man dem Tertiär eine Mächtigkeit von 150 m bis 500 m und nimmt die Existenz der oben genannten Lie-

gendschichten an (bei Inheiden wurde Rupelton bis 138,6 m Tiefe angetroffen, SCHENK 1957, S. 237; im stärker abgesunkenen Teil des Oberrheingrabens wurde in den Bohrungen Königstädten Mittel- und Oberoligozän in 502 m Mächtigkeit erschlossen (DOEBL 1967), so steht das gefaltete Paläozoikum in höchstens 2 000 m Tiefe an.

In Verlängerung des Rheinischen Schiefergebirges lassen sich erzgebirgisch streichende tektonische Linien bis in den Vogelsberg verfolgen. (SCHOTTLER 1937, S. 9). Dies spricht für eine dem Taunus ähnlich strukturierte Fortsetzung des Devons unter der jüngeren Überdeckung des Vogelsberges. Da andererseits der betrachtete Vogelsbergbereich im Streichen der Bad Nauheimer mitteldevonischen Massenkalk liegt, ist zu vermuten, daß dieser Karstgrundwasserleiter auch hier Anteil an der devonischen Schichtenfolge hat.

Wegen der in der Regel steil gefalteten Schichtpakete im Devon W der Seentallinie und der flachen Lagerung des Zechsteins E der Störung wird in jedem Falle ein Kontakt aller Schichtglieder beider Formationen, also auch eine Verbindung beider Karstgrundwasserleiter bestehen. Die Tiefenlage von mindestens 800 - 1000 m dieses Bereiches wird auch der aus den maximalen beobachteten Sole-Temperaturen von 33° C (Bad Nauheim, bzw. 40° C Bad Salzhausen; Abschn. 5.3.1.12 und 5.3.1.1.5) abzuleitenden Mindest-Wandertiefe gerecht (vgl. Abschn. 5.3.3.2.). Eine Verbindung, die die Höhendifferenz zwischen dem Devon der Rabertshausener Hochscholle und der abgesenkten Horloffgraben-Scholle überwindet, ist wiederum über die steilstehenden, tiefreichenden Devonkalksteine möglich.

Trotz der tiefen Einsenkung des Horloffgrabens ist folglich eine insgesamt gut wasserwegsame Verbindung zwischen den östlichen und westlichen Teilen der Wetterau zwanglos konstruierbar.

Vereinfacht ist also zu vermuten, daß die Primärsolen sich von Neuhoef nach W vorwiegend in Karstgrundwasserleitern bewegen.

Die Solen der südöstlichen Wetterau sind als Seitenabzweige zu betrachten, die durch Ausbiß der Zechsteinschichten ebenfalls als Quellen zum Austritt kommen.

Durch die überwiegend schlechte Wasserwegsamkeit der unterlagernden und in weiter Verbreitung W anschließenden Rotliegendschichten wandern klei-

ne Anteile der Sole auf nur wenigen besser wegsamen Zerrüttungszonen in Unterschichtung des Süßwassers weiter nach SW und werden schnell verdünnt. Dies mag der Grund für die in Mineralquellen der südlichen Wetterau zu beobachtenden geringen Salzkonzentrationen sein.

6. Zusammenfassung

Die geologischen Verhältnisse der Wetterau und ihrer näheren Umgebung werden im wesentlichen durch die Überschneidung der NNE - SSW streichenden Mittelmeer-Mjösen-Zone mit der Südwest-Nordost streichenden Saar-Senke bestimmt, wodurch sich das Gebiet in mehrere Großstrukturen verschiedener Emporhebung bzw. Absenkung untergliedert.

Als höchste Scholle bilden im T a u n u s die variscisch gefalteten und geschuppten paläozoischen Gesteine den Westrand des Untersuchungsgebietes. An erzgebirgisch und rheinisch bis eggisch streichenden Verwerfungen sinken sie zur differenziert ausgebildeten, NNE - SSW verlaufenden Grabenstruktur der W e t t e r a u - S e n k e hin ab. In dieser wurden seit dem Oligozän die zur östlichen Randfazies des Mainzer Beckens gehörenden Schichten des Tertiärs - vorwiegend Tone, Sande und Kiese, untergeordnet Kalksteine und Mergel sowie Basalte - abgelagert. Als bedeutendste tektonische Teilelemente innerhalb der Senke sind der Horloffgraben und das Butzbacher Becken zu nennen.

Die östliche Wetterau stellt ein tektonisch höheres Gebiet dar. Hier stehen teils großflächig an der Oberfläche, teils unter geringmächtiger Bedeckung durch vorwiegend klastische miozäne Sedimente und Basalte, Schichten des Rotliegenden (Schiefertone und Konglomerat-führende Sandsteine) an. Gegen die Wetterau-Senke ist der Bereich durch den ebenfalls NNE - SSW streichenden und von einem Spezialgraben gegliederten H o r s t v o n B a d V i l b e l u n d E r b s t a d t abgegrenzt. Er bringt als Tiefstes variscisch gefaltete Gesteine des Paläozoikums zum Ausstrich. Im östlich anschließenden N i d d e r - K i n z i g - G e b i e t kommen durch Absinken von Teilschollen an vorwiegend Nord-Süd streichenden Verwerfungen nach Osten hin immer jüngere Schichten zum Ausstrich. Der östliche Rand des Arbeitsgebietes wird von geringmächtigen Schichten des Zechsteins in tonig-sandiger und kalkig-mergeliger Beckenrandfazies gebildet. Diese werden von den Schichtenfolgen des Unteren und Mittleren Buntsandsteins überlagert.

Der am Nordrand des Arbeitsgebietes gelegene V o g e l s b e r g baut sich aus mächtigen Basaltdecken und Tuffen miozänen Alters auf und überdeckt damit die Nordränder der beschriebenen Strukturen. Die tektonischen Elemente des Vogelsberges schließen sich deutlich an die Hauptrichtungen der umgebenden Gebiete an.

schließen sich z.T. an bisher bekannte Mineralwasseraustritte an, zum großen Teil sind es jedoch Grundwasserversalzungen ohne nahegelegene oberirdische Austritte.

Die rd. 0,2 km² große Fläche der Wisselsheimer Salzwiesen wurde mit engen Bohrabständen in einer Kartierung untersucht. Sie zeigt eine örtlich sehr differenzierte Entwicklung der Ionengehalte, die Rückschlüsse auf im Untergrund ablaufende Vorgänge, wie Mineralwasserverdünnung, Fällung, Lösung und Ionenaustausch ermöglichen.

Diese Betrachtungen werden anhand der zahlreichen vorliegenden Vollanalysen im Gebiet des Blattes Friedberg (Bad Nauheim) und Bad Salzhausens vertieft. Zum Analysenvergleich werden dabei neben der üblichen Betrachtung der Ionenäquivalenz-Anteile Verdünnungsberechnungen durchgeführt, die eine quantitative Vorstellung über die im Untergrund der Quellaustritte ablaufenden Vorgänge vermitteln.

Durch Verdünnung sind in allen Übergängen der Konzentration Mineralwässer vom Typ der Na-Cl-Sole bis zum chloridarmen Mineralwasser des Erdalkali-Hydrogenkarbonat-Typs und weiter bis zum Süßwasser vorhanden. Entsprechend lassen sich auf Bl. Friedberg vorkommende Mineralwassertypen einer kontinuierlichen Verdünnungsreihe zuordnen (Na-Cl-Sole; Na-Cl-Wasser; Na-Ca-Cl-HCO₃-Wasser; Na-Ca-HCO₃-Cl-Wasser; Ca-Na-HCO₃-Cl-Wasser; Ca-Mg-HCO₃-Cl-Wasser). Lösungsvorgänge, vorwiegend im kalkhaltigen Nebengestein, werden an zahlreichen Quellen durch den relativen Anstieg der Erdalkali- und der Hydrogenkarbonat-Ionen nachgewiesen. Sie führen in einem Fall zur Neuentstehung eines eigenen Mineralwassertyps (Na-Ca-Cl-Wasser). Die Berechnung des allein im Untergrund der Bad Nauheimer Sprudel herausgelösten CaCO₃-Volumens ergibt mindestens 17 m³/a. Ionenaustauschvorgänge werden sowohl an den höchstkonzentrierten Solen von Bad Nauheim als auch an geringer konzentrierten Wässern in Quellen und Bohrungen der übrigen Wetterau nachgewiesen. Sie führen örtlich zum starken Überwiegen der Alkali-Ionen. Verschiedentlich ist durch Vorgänge der "Regeneration" die Entstehung von Erdalkalichloridhaltigen Wässern zu beobachten. Unter Abwandlung der vorgenannten Wassertypen kommt es durch Ionenaustausch zur Entstehung weiterer 3 Mineralwassertypen (Na-Cl-HCO₃-Wasser; Ca-Mg-Cl-SO₄-HCO₃-Wasser; Na-HCO₃-Wasser).

Bei Überlegungen über die Herkunft der Primärsolen werden die Ionenverhältnisse von Analysen aus dem Untersuchungsgebiet sowie benachbarter Mineralwasservorkommen verglichen. Anhand graphischer Darstellungen wird nachgewiesen, daß es bei den gegebenen geologischen Verhältnissen sinnvoll ist, nur Mineralwässer mit Chloridkonzentrationen über 50 mval/l zu großräumigen Vergleichen heranzuziehen, da bei geringeren Konzentrationen die Verhältnisse zwischen Hauptbestandteilen durch die im verdünnenden Süßwasser bestehenden Verhältnisse überprägt werden. Wegen der niedrigen Konzentrationen der Mineralwässer am gesamten E-Rand der Wetterau-Senke können diese Grundwässer nicht bei den Vergleichen berücksichtigt werden.

Allen hochkonzentrierten Mineralwässern zwischen Vogelsberg und Oberrheingraben sind hohe Gehalte an Natrium und Chlorid gemeinsam, die die Konzentration der übrigen Ionen erheblich übersteigen. Die Mineralwässer sind daher eindeutig auf Auslaugung von Halit-Lagerstätten zurückzuführen. Das (mit Ausnahme von Bad Salzschlirf und Nieder-Olm) stets enthaltene Calciumchlorid ist auf Umwandlungsvorgänge zurückzuführen.

Als wesentlicher regionaler Unterschied der chemischen Beschaffenheit stellt sich der Gegensatz zwischen relativ hohen Sulfatgehalten in den Mineralwässern der östlichen Wetterau und des Vogelsberges einerseits und den sehr geringen Sulfatgehalten in den Mineralwässern der westlichen Wetterau, am Taunus-Südrand und im Oberrheintal andererseits heraus. Dieser Befund wird jedoch nicht als Indiz für verschiedene Herkunft beider Mineralwasservorkommen gewertet, da nach den vorliegenden geologischen Gegebenheiten mikrobielle Sulfatreduktion im westlichen Gebiet angenommen werden kann. Hierzu wird auf den Gehalt an organischer Substanz der durchwanderten Schichten und auf die sich aus der Mengenbilanz ergebende geringe Gesamtmenge an höchstkonzentrierter Sole hingewiesen.

Das Mineralwasser tritt fast stets zusammen mit gelöstem und freiem Kohlendioxidgas auf. Gesetzmäßige Beziehungen zu den übrigen gelösten Stoffen sind nicht festzustellen. Hohe Werte treten besonders am Ostrand der Wetterau-Senke auf. Eine Mengenbilanz des Gases für das gesamte Arbeitsgebiet ist wegen der bisher nicht meßbaren Mengen des freien gas-

förmigen Anteils nicht möglich. Der Ursprung des CO_2 -Gases wird im abklingenden Vulkanismus vermutet, wogegen eine Entstehung durch thermische Zersetzung abgesenkter Kalksteine als unwahrscheinlich betrachtet wird. Andererseits ist nicht auszuschließen, daß das Kohlendioxid als Produkt metamorpher Reaktionen zwischen Karbonaten und Silikaten bei erhöhten Temperaturen und Drucken oder auch durch Oxidation im Sedimentgestein verteilter Kohlenwasserstoffe entsteht. Der Vorgang des in Bad Nauheim auftretenden und durch Kohlendioxid-Entgasung verursachten Emporsprudelns der Sole wird erläutert; die Bedeutung des "Kohlensäureliftes" für die Soleförderung aus größerer Tiefe an ungefaßten Quellen wird unter Hinweis auf die druckbedingte schnelle Zunahme der Kohlendioxid-Löslichkeit und den Reibungswiderstand am Speichergestein dagegen in Frage gestellt.

Im Hinblick auf die Frage der Herkunft der Mineralwässer zwischen Zechstein-Salinar und Oberrheingraben wird die regionale Verteilung der Ionenanteile dieser Wässer untersucht. Entwicklungstendenzen, die auf eine Wanderung der Solen hinweisen könnten, lassen sich nur über verhältnismäßig geringe Entfernungen und nur für einzelne Ionen ermitteln. Insgesamt ändert sich die Mineralwasserbeschaffenheit räumlich nicht nach erkennbaren Gesetzmäßigkeiten und kann deshalb nicht als Argument für die Wanderrichtung der Sole herangezogen werden.

Aus einer Zusammenstellung der bisher ermittelten Gehalte an Spurenelemente sind wegen der geringen Analysenzahl diesbezüglich ebenfalls keine Aussagen möglich. Weitere Untersuchungen der Spurenelemente könnten jedoch zu einer Klärung der Soleherkunft beitragen.

Die im Arbeitsgebiet transportierten Mineralstoffmengen und die dadurch im Untergrund entstehenden Mengendefizite wurden ermittelt und durch Angaben anderer Autoren über Nachbargebiete ergänzt. In einer kritischen Betrachtung wird die Möglichkeit der Übertragung heutiger Verhältnisse in geologische Zeiträume untersucht.

Die Gesamtfracht der Wetterauer Mineralquellen an festen gelösten Bestandteilen beträgt 804 g/s. Die Chloridfracht hat dabei einen Anteil von 390 g/s. Unter der Annahme, daß das Chlorid ausschließlich salinarer Auslaugung entstammt und in der Primärsole äquivalent durch Natrium ab-

gesättigt war, entspricht dies einer Natriumchlorid-Fracht von 642 g/s, einer Menge, die zu ihrer Lösung 1,79 l Wasser benötigt. Bei Hinzunahme der östlich und westlich angrenzenden Gebiete ergibt sich als Gesamtfracht der Mineralquellen zwischen Zechstein-Salinar und Oberrheingraben eine Menge von 2 116 g/s feste gelöste Bestandteile. Die entsprechende, über die Chlorid-Fracht errechnete primäre Natriumchloridfracht beträgt 1 783 k/s oder 56 300 t/a. Sie könnte in 4,96 l/s gesättigter Sole abtransportiert werden. Gleiche hydraulische Verhältnisse vorausgesetzt entspricht dies in 1 Million Jahren (Zeitdauer des Quartärs) einem Volumen von 25,6 km³. Der Wert stimmt größenordnungsmäßig gut mit der nach den vorliegenden paläogeographischen Untersuchungen überschlägig zu errechnenden ausgelaugten Salzmenge am W-Rand des Fulda-Salinarbeckens überein.

Die höchsten im Arbeitsgebiet in Mineralquellen auftretenden Temperaturen weisen bei Annahme der üblichen geothermischen Tiefenstufe von 30 m je 1° C auf eine Wanderung der Sole in mindestens 800 m Tiefe hin. Mischungsvorgänge zwischen verschiedenen temperierten und mineralisierten Wässern im Untergrund, auf die bestimmte Beobachtungen in Bad Nauheim und Bad Salzhausen hinweisen, lassen auf die Existenz noch höher temperierter Mineral- oder Süßwasser schließen. Beim größten Teil der Wetterauer Mineralquellen übersteigt die Temperatur mit Werten unter 14° C dagegen nicht wesentlich den bei Süßwasserquellen üblichen Betrag.

Von DOMBROWSKI (1960) wurden in Bad Nauheim Sporen von Pflanzen und lebenden Bakterien nachgewiesen, die andernorts aus Zechsteinsalzen gewonnenen Sporen entsprechen und die Herkunft der Sole beweisen sollten. Zwischenzeitliche Veröffentlichungen stellen jedoch die Beweiskraft der Fossilführung in Frage und ziehen die Möglichkeit der Zuführung von rezenten Bakterien bzw. von permischen Pollen im näheren Umkreis der Quellaustritte in Erwägung.

Das hydraulische Druckgefälle, das die Wanderung, den Aufstieg und das Zutagetreten des Mineralwassers hervorruft, ist im Arbeitsgebiet kontinuierlich von den östlich gelegenen Gebieten mit Salzlagerstätten in der Tiefe bis zur Wetterau und darüber hinaus zum Taunus-Südrand und Rheingau gegeben. Quellaustritte entstehen bevorzugt im Entlastungsbereich sich kreuzender Störungszonen.

Zur Herkunft der Wetterauer Mineralwässer wurde zusammenfassend festgestellt, daß die Primärsole großen Evaporitlagerstätten entstammen muß. Solche liegen sowohl E der Wetterau im Zechstein-Salinar, als auch SW im Tertiär-Salinar des Oberrheingrabens vor. Nach dem heutigen Stand der vorliegenden Analysen lassen sich aus der chemischen Betrachtung der Solen keine eindeutigen Belege für die Wanderrichtung der Solen gewinnen. Als Argument für die Ost-West gerichtete Wanderung sprechen die hydraulischen Gefällsverhältnisse. Ergebnisse der Mineralfrachtberechnung und Anzeichen von Mikrofossiltransport können als gleichgerichtete Hinweise dienen. Für eine Solezuwanderung aus dem Südwesten liegen dagegen keinerlei Kriterien vor. Insgesamt wird somit die verbreitete Herleitung der Solen von den Salzlagerstätten des Zechstein am südöstlichen Vogelsbergrand bestätigt.

Überlegungen zum Wanderweg der Sole im Einzelnen sind weitgehend spekulativ. Vermutlich bewegt sie sich unter dem Vogelsberg und in der östlichen Wetterau bevorzugt auf verkarsteten Zechsteinkalken, die in Verwerfungsbereichen über Kluftgrundwasserleiter hydraulisch verbunden sind. Der Übertritt in Karst- und Kluftgrundwasserleiter des Devons wird in einer Tiefe von rd. 1000 m im Bereich des nördlichsten Niddatales N Nidda vermutet, von wo auch die Unterquerung der Grabenstruktur der Wetterau-Senke erfolgen dürfte. Westlich der Absenkungszone wird die Wanderung der Sole im Zerrüttungsbereich des südlichen Taunusabbruches erleichtert.

7. Schriftenverzeichnis

- ALBERUS, E.: Kurtze Beschreibung der Wetteraw.
Anhang an "Von Basiliken zu Magdeburg". 1552 (zit.b.MARTIN 1909).
- . - AMEELY, L.: Anwendung von Emanationsmessungen zur Mutung von Heilquellen. Untersuchungen am Taunusrand im Bad Nauheimer Quellbezirk.-
Balneologe, 5, S. 385-396, 9 Abb., Berlin 1938.
- AMEELY, L. & MÜLLER, W.: Neuere Forschungsergebnisse der Bearbeitung der radioaktiven Vorkommen in Bad Nauheim.-
Fundgrunbe, 13, 6, S.323-324, Darmstadt 1939.
- ANDERLE, H.-J.: Outlines of the Structural Development at the Northern End of the Upper Rhine Graben.-
Graben Problems, Intern.Upper Mantle Proj., Scient.Rep. No. 27, S.97-102, 1 Abb., Stuttgart 1970.
- Ioannis Guintherii ANDERNACI: Medici commentarius de Balneis & aquis medicatis in tres Dialogos distinctus.
206 S., Argentorati (Theodosius Rihelius) 1565.
- D'ANS, J. u. LAX, E.: Taschenbuch für Chemiker und Physiker.
1896 S., 350 Abb., (2. Aufl.), Berlin, Göttingen, Heidelberg (Springer) 1949.
- BAUMER, J.W.: Naturgeschichte des Mineralreichs.
1763/64. (zit.b.KÖBRICH 1937).
- BENEKE, F.W.: Ueber Nauheim's Soolthermen und deren Wirkungen auf den gesunden und kranken menschlichen Organismus.
289 + 24 S., Marburg (N.G. Elwert's Univ.-Buchhandl.) 1859
- BERCK, E.: Die Entwicklung einer Charakteristik für die drei Bad Nauheimer Sprudel zur Feststellung von Vorgängen am Quellort.-
Z.deutsch.geol.Ges., 85, S. 554-561, 2 Abb., 1 Taf., Hannover 1933.
- . - Quellenbeobachtung und Quellenforschung.- Der Balneologe, 5, S. 401, Berlin 1938.
- Bischof, G.: Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie.-
1. Bd., 352 S., 4 Taf., Bonn 1846.
- . - Ergebnisse neuester Untersuchungen zur Erklärung der Kohlensäure-Exhalationen.-
Neues Jb. Min., Geogn., Geol. u. Petref.-Kde., Jg. 1849, S. 725-726, Stuttgart 1849.
- BITTERLI, P.: Aspects of the Genesis of bituminous Rock Sequences.-
Geologie en Mijnbouw, 42, S. 183-201, 9 Abb., 1 Taf., 'S-Gravenhage 1963.
- BLEY, F.: Taschenbuch für Aerzte und Chemiker und Badereisende die Bestandtheile und physischen Eigenschaften der vorzüglichern Mineralquellen Deutschlands, der Schweiz und angrenzender Länder nach den neuesten und besten Analysen derselben enthaltend.
504 S., Leipzig (Carl Cnobloch) 1831.

BLÖCHER, E.: Salinen und Salzhandel in der Wetterau mit besonderer Berücksichtigung von Nauheim im 17. und 18. Jahrhundert.
(Sonderdr. aus "Mitt.d.Oberhess.Geschichtsvereins" Bd. 30), 77 S.,
Gießen (Münchowsche Univ-Druckerei O. Kindt GmbH) 1931.

BODE, F.: Das Solbad Nauheim.-
Ber. Oberhess. Ges. Natur- u. Heilk., 1, S. 41-44, Gießen 1847.

- . - Kurze Notiz über das Soolbad Nauheim.
18 S., Friedberg (C. Bindernagel) 1852.

- . - Nauheim, seine natürlich warmen Solquellen und deren Wirkung nebst
einer kurzen Nachricht über den Schwalheimer Mineralbrunnen.
(Theodor Fischer) 112 S. (1. Aufl.) 1845; 135 S. (2. Aufl.), Kassel
1853.

BODE, jun. [W.]: Das Soolbad Nauheim (insbesondere sein Verhältniss zu
Kreuznach und Rehme) und Notizen über einen neuen Trinkbrunnen (Karls-
quelle).
Sonderdr. aus: Deutsche Klinik, Nr. 13, 14, 27, 12 S., Berlin 1870.

BOIGK, H. u. STAHL, W.: Zum Problem der Entstehung der nordwestdeutschen
Erdgaslagerstätten. -
Erdöl u. Kohle, 23, S. 325-333, Hamburg 1970.

BÖTTGER, R.: Ueber das Vorkommen des Thalliums in salinischen Mineralwassern,
insbesondere im Wasser des Nauheimer Sprudels.-
Ann. Chemie u. Pharmacie, Bd. 128, 3.H., S. 368-370, Leipzig und Hei-
delberg 1863.

BRAITSCH, O.: Entstehung und Stoffbestand der Salzlagerstätten.-
232 S., 47 Abb., 36 Tab., Berlin, Göttingen, Heidelberg (Springer) 1962.

BROMEIS, C.: Der große Soolsprudel zu Nauheim.-
Jahresber. Wetterauisch. Ges. f. d. ges. Naturk. über d. Gesellschafts-
jahr 1846/47, S. 47-78, Hanau 1848.

- . - Über äussere und innere Verhältnisse der gasreichen Thermen zu Nauheim.-
35 S!, 1 Taf., Marburg 1851.

BÜCKNER, E.: Die pflanzensoziologischen und ökologischen Verhältnisse der
Salzwiesen von Wisselsheim bei Bad Nauheim.-
40 gez. Bl. m.Fig. (Maschinenschr.) Darmstadt, Techn.Hochschule,
Diss. v. 8.12.1943.

- . - Beiträge zur Soziologie und Ökologie westdeutscher Halophytenstand-
orte der Wetterau
mit besonderer Berücksichtigung der Beziehungen zur Strandvegetation
der Nordseeküste.-
Ber.Oberhess.Ges.f.Natur-u. Heilkunde, 26, S.27-50, 11 Abb., Gießen
1954.

BUNSEN, R.: Untersuchung des Nauheimer Mineralwassers.-
Journ.f.praktische Chemie, Jg. 1837, 3, S. 156-166, Leipzig 1837.

[BUSS] : Die Sauerbrunnen im Landgerichtsbezirke Karben.-
Intelligenzbl. f.d. Prov. Oberhessen, 2, No. 22, Friedberg 1835.

- CARLÉ, W.: JAKOB THEODOR genannt TABERNAEMONTANUS und die Heilquellen am Taunusrand.-
Heilb. u. Kurort, 16, S.204-209, 6 Abb., Gütersloh 1964.
- . - Die Salinistenfamilie Glenk.-
Der Kreis Schwäbisch Hall, S. 167-169, Aalen 1968.
- CHELIUS, C.: Die Nauheimer Soole.-
(Vortrag, gehalten im Ortsgewerbeverein Zu Bad Nauheim am 8.12.1900).-
Gewerbebl.f.d.Grossherzogth.Hessen, 63, S.495-496, Darmstadt 1900.
- . - Soole, Mutterlauge, Badesalz. -
(Vortrag z.10.Allg.Dt.Bäder-Verbandstag i.Kolberg am 8.10.1901).-
Balneol.Ztg., 13, S.43-44, Berlin 1902.
- CH[ELIUS, C.] : Die neue Solquelle bei Selters a.d. Nidder.-
Gewerbebl.f.d.Grossherzogth.Hessen, 66, S.31-32, Darmstadt 1903 (1903 a).
- . - Die Solquelle zu Selters bei Ortenberg im Vogelsberg.-
Gewerbebl.f.d.Grossherzogth.Hessen, 66, S.61, Darmstadt 1903 (1903 b)
 - . - Eine neue Solquelle bei Selters a.d.Nidder im Vogelsberg.-
Z.f.prakt.Geologie, 11, S.253-254, Berlin 1903 (1903 c).
- CHELIUS, C.: Der vulkanische Vogelsberg in seinen Beziehungen zu den Sol- und Heilquellen an seinem Rande.-
(Vortrag, gehalten am 10.10.1903 zu Koblenz)
Balneol.Ztg.Wissensch.-techn.Teil, 15, S.9-10, Berlin 1904.
- . - Geologischer Führer durch den Vogelsberg, seine Bäder und Heilquellen.-
108 S., Abb., 2 Prof., 1 Kte., Gießen o.J. /1905_7 (1905 a).
 - . - Die geologischen und tektonischen Verhältnisse des Vogelsberges und der Wetterau in ihren Beziehungen zu den Mineral- und Sol-Quellen.-
(Vortrag, gehalten am 14.9.1903 zu Bad Nauheim)
Reise-Berichte d.Komitees z.Veranst.ärztl.Studienr. in Bade- u.Kurorte 3, S.205-213, Berlin, Halle (C. Marhold) 1905 (1905 b).
- CREDNER, F.: Ueber das Vorkommen des Salzes bei Salzhausen.-
Ber.Oberhess.Ges.f.Natur- u.Heilk., 2, S.39-42, Giessen 1849
- . - Bad Nauheim (Grossherzogthum Hessen).
Erstmalige Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Thermalsoolbäder und Sprudelbäder von Nr. XII, dem Riesensprudel".
24 S., Leipzig (Veit u.Comp.) 1889.
- DELKESKAMP, R.: Vadose und juvenile Kohlensäure.-
Z.prakt. Geologie, 14, S. 33-47, Berlin 1906.
- . - Fortschritte auf dem Gebiet der Erforschung der Mineralquellen.-
Z. prakt. Geologie, 16, S. 401-443, Berlin 1908.
- DIEDERICH, G. u. LAEMMLEN, M.: Das obere Biebertal im Nordspessart.
Neugliederung des Unteren Buntsandstein, Exkursionsführer und geologische Karte.
Abh.hess.L.-Amt Bodenforsch., 48, 34 S., 2 Abb., 5 Tab., 4 Taf., 1 Kte., Wiesbaden 1964.

- [DIELMANN, Johan], Wetterauischer Geographus, das ist: Kurtze und vollständige Beschreibung...
.... von dem Liebhaber in historischen Dingen.
426 S. (Stocks seel.Erben u. Schilling) Frankfurt am Mayn 1747.
- DOEBL, F: The Tertiary and Pleistocene Sediments of the Northern and Central Part of the Upper Rhinegraben.-
Abh. geol.L.-Amt Baden-Württ., 6, S. 48-54, 11 Abb., Freiburg i.Br. (=Mém.Serv.Carte géol.Als.Lorr., 26, Strasbourg 1967)
- DOMBROWSKI, H.J.: Balneobiologische Untersuchungen der Nauheimer Quellen.-
Zbl.f.Bakt., I.Orig., 178, S.83-90, Stuttgart 1960 (1960 a).
- . - Probleme und Ergebnisse der Balneobiologie.-
Münchener Med.Wochenschr., 102, S.529-556, München 1960 (1960 b).
 - . - Bacillus circulans aus Zechsteinsalzen.-
Zbl.Bakt., I.Abt. Orig., 183, S.173-179, 3 Abb., 1 Tab., Stuttgart 1961
 - . - Creno-Paläontologie, ein neuer Zweig der Quellenforschung.-
Heilbad u.Kurort, 14.Jg., 3, 50-53, 3 Abb., Gütersloh 1962.
 - . - Stellungnahme zu dem vorstehenden Artikel von Helmut Meyer: Bemerkungen zu der Arbeit "Bacillus circulans aus Zechsteinsalzen von H.J. Dombrowski".-
Zbl. Bakteriologie, I. Abt. Orig., 188, S. 248-250, Stuttgart 1963 (1963 a).
 - . - Lebende Bakterien aus dem Paläozoikum.-
Biolog.Zbl., 82, S. 477-484, 7 Abb., Leipzig 1963 (1963 b).
 - . - Paläontologische Untersuchungen in Soleeintrüben im Steinkohlenbergbau an der Ruhr.-
Heilbad u. Kurort, 17, Gütersloh 1965.
 - . - 2. Mikrobiologische Untersuchung und Beurteilung der Mineral- und Heilwässer.-
in: SCHORMÜLLER, J.: Handbuch der Lebensmittelchemie, Bd. 8, T. 2 (Wasser u. Luft), S. 1147-1165, 6 Abb., Berlin, Heidelberg, New York (Springer) 1969.
- DREHER, F.: Aus der Reuß'schen Chronik.
2. Der "Schwalheimer Brunnen-Krawall", 1862 Aug. 11.-
Friedb.Geschichtsbl., 4, S. 7-8, Friedberg 1914.
- DRESCHER, J.E.: Der grosse Soolsprudel zu Bad Nauheim.-
46 S., 1 geol. Prof., Frankfurt a.M. (F.B. Auffarth) 1855.
- DUNKER, E.: Altes und Neues über Nauheim und seine Soolquellen.-
Ber.Oberhess.Ges.Natur- u. Heilk., 6, S. 7-11, Gießen 1857.
- ECKHARDT, Ph.W.: Dissertatio inauguralis medica de duobus Wetteraviae fontibus Schwalheimensi ac Berstadiensi eorumque usu atque cum Selterano convenientia....
74 S., Giessae 1742.

- ENGELHARDT, W. von: Der Porenraum der Sedimente.-
207 S., 83 Abb., 39 Tab., Berlin-Göttingen-Heidelbg. (Springer) 1960.
- . - Zum Chemismus der Porenlösung der Sedimente.-
Bull.Geol.Institutions Univ. Uppsala XL, S. 189-204, 7 Abb. Uppsala 1961.
- ENSSLIN, F.: Über die Sinter der Bad Nauheimer Sprudel.-
Ber.Oberhess.Ges.Natur- u. Heilk., N.F., Naturwiss. Abt., 10, S. 28-40,
3 Tab., 2 Abb., Gießen 1925.
- . - Über die Quellen von Bad Salzhausen.-
Notizbl.Ver.Erdk.u.d.Hess.Geol.L.-Anst., (V), 8, S. 251-255,
(für 1925) Darmstadt 1926.
- ERLENMEYER, A.: Die Soolthermen zu Nauheim in ihrer medizinischen Bedeutung
mit besonderer Berücksichtigung der Krankheiten des Nervensystems.
83 S., 1 Tab., Neuwied (J.H.Heuser) 1855.
- ETSCHENREUTTERUM, G.: Aller heilsamen Bäder und Brunnen Natur, Krafftugendt
und Würckung und anderer Wasser, so in Teutschlanden bekandt und er-
fahren.
199 S., Straßburg 1571-1609-1616-1699.
- FABER, K.: Die Salzstellen und die Salzflora der Provinz Hessen-Nassau und
ihrer Nachbargebiete.-
Ber.Oberh.Ges.Natur- u.Heilk.,13, S. 49-130, 14 Abb., 4 Taf., 2 Tab.,
Gießen 1930.
- FRECH, F.: Die Mineralquellen des Taunus.-
Veröff. Geb. Medizinalverw., 1, 9, S. 423-461, Berlin 1912.
- FRESENIUS, H.: Analyse des Selzerbrunnens bei Frankfurt a.M..
Wiesbaden 1874. (zit. in Dt. B^uderbuch 1907).
- . - Chemische Untersuchung des Viktoria-Melita-Sprudels in Vilbel bei
Frankfurt a.M.-
Jb.Nass.Ver.Naturk., 54, S.1, 1901
(Sonderdr.: 16 S., 1 Abb., Wiesbaden (C.W. Kreidel) 1901).
- . - Chemische Untersuchung des Benedictus-Sprudels zu Selters in Hessen.
23 S., Wiesbaden (C.W. Kreidel) 1906.
- FRESENIUS, W. & SCHNEIDER, W.: Zur Bestimmung von Eisen (II) und Gesamteisen
mit 2,2'-Dipyridyl in Mineralwässern. Reduktion von Eisen (III) mit
Ascorbinsäure.-
Fresenius' Z. Analyt. Chemie, 209, 2, S. 340-341, Wiesbaden 1965.
- FULDA, E.: Salzspiegel und Salzhang.-
Z.deutsch.geol.Ges., 75, Mber., S. 10-14, 1 Abb., Berlin 1923.
- ✓GÄRTNER, G: Physisch-chemische Untersuchung des Schwalheimer Sauerwassers.-
Beyträge z. Erweiterung d. Chemie v. D. Lorenz. Crell, 1, S. 83-96,
1786.
- GENSICKE, H.: Die Sauerbrunnen zu Groß-Karben im Mittelalter.-
Wetterauer Geschichtsbl., 4, S. 134-135, Friedberg (Hessen) 1954.
- GERB, L.: "Reduzierte Wässer".-
Beitr. zu einer Typologie bayerischer Grundwässer.-
Gas- u. Wasserf., 94, S. 87-92; S. 157-161, 5 Tab., München 1953.

GIEGERICH, W.: Bad Vilbel

Landschaft, Geschichte, Kunstdenkmäler und Kultur.
(hrsg. v. Kur-u.Verk.Ver. Bad Vilbel e.V.) 471 S., 156 Abb., Tab.,
Frankfurt a.M. (W.Kramer) 1969

GOLWER, A.: Paläogeographie des Hanauer Beckens im Oligozän und Miozän.-
Notizbl.hess.L.-Amt Bodenforsch., 96, S. 157-184, 8 Abb., 2 Tab.,
Wiesbaden 1968.

GRAFF: Einige Notizen über die Mineralquellen zu Salzhausen und ihre Heil-
kräfte.
20 S. Darmstadt (J.W. Heyer) 1825.

GRANDIDIER, L.: Ueber die Heilquellen und Bäder Kurhessens, insbesondere
die zu Nenndorf und Nauheim.
67 S., Berlin 1843
(Sonderdr. aus: Journ.f.prakt.Heilk.März 1843).

GRÖNKE, L.: Der Friedrich-Wilhelm-Sprudel von Bad Nauheim. Seine Erbohrung
und Neuverrohrung.-
Heilbad u. Kurort, 14, S. 206-208, Gütersloh 1962.

- . - Die Quellen und Badeanlagen von Bad Nauheim.-
Heilbad u. Kurort, 20, S. 21-25, 2 Abb. Baden-Baden 1968.

GÜNTHER, T.: Analyse der Wippenbacher Mineralwasser-Quelle Klosterbrunnen.-
Sonderdr. aus: "Mitt.d.chem.Unters.Amtes f.d.Prov. Oberhessen", 2 S.
o.J. (ca. 1897)

- . - Untersuchung einer bei Wippenbach in Oberhessen, Kreis Büdingen, ent-
springenden Mineralwasserquelle.-
Z. angew.Chemie, 11, S. 9-11, Berlin 1898 (1898 a).

- . - Untersuchung einer bei Wippenbach in Oberhessen, Kreis Büdingen, ent-
springenden Mineralwasserquelle.-
Gewerbebl.f.d.Grossherzogth.Hessen, 61, S. 125-126, Darmstadt 1898
(1898 b).

GÜNTHER, T. & G. TAUBERT: Chemische Analyse des Wassers des "Römerbrunnen"
bei Echzell in Oberhessen.-
Balneol.Ztg., 17, No. 17, (Sonderdr. 5 S.), Berlin 1906.

HÄUSER, F.: Geologie der südöstlichen Wetterau.-
Diss. v. 21.7.1933, 33 S., 1 Abb., Gießen 1933.

HAGER, H.: Manualepharmaceuticum.
Vol. 2, XII + 370 S., Lissa 1860.

HARRISON, A.G. & THODE, H.G.: Mechanism of the bacterial reduction of sul-
phate from isotope fractionation studies.-
Transact. Farad. Soc., Vol. 4, S. 84-92.
1958.

HECHT, G.: Über das Vorkommen natriumhydrogenkarbonathaltiger Wässer in Thü-
ringen.-
Z.angew.Geologie, 10, H. 5, S. 250-255, 2 Abb., 2 Tab., Berlin 1964.

HEINTZ: Eruptionerscheinungen an der Nauheimer Quelle.-
Jahresber.naturwiss.Ver.Halle, 5, S. 35 ff, Halle 1852.

- HEM, D.: Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water.
(2.Aufl.) Geol.Surv.Water-suppl. Paper 1473, 363 S., 51 Abb., 29 Tab., Washington 1970.
- HENNINGSEN, D.: Die paläozoischen Grauwacken bei Gießen und ihre Fortsetzung unter der südlichen Hessischen Senke.-
Ber. Oberhess.Ges.Natur-u.Heilk.Gießen, N.F., Naturwiss.Abt., 34, S. 19-31, Gießen 1966.
- HERRMANN, A.G.: Über das Vorkommen einiger Spurenelemente in Salzlösungen aus dem deutschen Zechstein.-
Kali u. Steinsalz, 3, S. 209-220, 2 Abb., 1 Taf., Hannover 1961.
- HERRMANN, F.H.: 2000 Jahre Selzerbrunnen.
24 S., 9 Abb., ("erweiterter Sonderdruck /Neuaufgabe 7 aus Bd. 3 d. "Wetterauer Geschichtsblätter") ohne Ort u. Jahr (ca. 1955).
- HERWEDE, C.O.: Kohlensäure in Heil- und Mineralwässern.-
Heilbad u. Kurort, 18, S. 8, 3 Abb., Baden-Baden 1967.
- HEUSON, H-V.: Büdinger Saline und Heilquellen.-
Büdinger Kreis-Anzeiger, Heimat im Bild, 16, 4 S., 6 Abb., Büdingen 1967.
- HEYDEN, von: Über Mofetten oder Erdlöcher, aus denen tödliches Gas ausströmt, bei Traishorloff in der Wetterau.-
Ber.oberhess.Ges.f.Natur-u.Heilk., 3, S. 1-2, Gießen 1853.
- HINTZ, E. u. GRÜNHUT, L.: Besondere Grundsätze für die Darstellung der chemischen Analysenergebnisse.-
Deutsches Bäderbuch, L - LXIV, Leipzig (J.J.Weber) 1907.
- HÖLL, K.: Langjährige chemische Untersuchungen unbeeinflusster Quellen und Quellbäche.-
Vom Wasser, 31, S. 26-42, 8 Tab., 5 Abb., Weinheim 1965.
- HÖLTING, B.: Die Ionenverhältnisse in den Mineralwässern Hessens.-
Notizbl.hess.L.-Amt Bodenforsch., 97, S. 333-351, 12 Abb., Wiesbaden 1969 (1969 a).
- . - Zur Herkunft der Mineralwässer in Bad Kreuznach und Bad Münster a.St.-
Notizbl.hess.L.-Amt Bodenforsch., 97, S. 367-378, 1 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1969 (1969 b).
- . - Hydrogeologie.-
Erl.geol.Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4720 Waldeck, S. 156-181, 2 Abb., 9 Tab., Wiesbaden 1969 (1969 c).
- . - Beiträge zur Hydrochemie der Tiefenwässer.-
Z.deutsch.geol.Ges., Jg. 1969, 121, S.19-44, 6 Abb., Hannover 1970.
- HOFFMANN, C.A.: Taschenbuch für Aerzte, Physiker und Brunnenfreunde, zur bequemen Uebersicht der Resultate aller in neuern Zeiten genauer untersuchten Gesundbrunnen und Bäder Deutschlands.
121 S., Weimar(Hoffmannische Buchhandl.) 1794.

- HOFFMANN, C.A.: Systematische Uebersicht und Darstellung der Resultate von zwey hundert und zwey und vierzig chemischen Untersuchungen mineralischer Wasser von Gesundbrunnen und Bädern, in den Ländern des deutschen Staatenvereins und deren nächsten Begrenzungen. 408 S., Berlin (Gebr. Gädicke) 1815.
- HOFFMANN, F.: Opusculum de aquis mineralibus. (Halle ?) 1748. (zit.b.HERRMANN 1955).
- HOFFMANN, H.: Kurze Beschreibung des Selser Mineralbrunnen zwischen Kloppeheim, Groskarben und Okarben gelgen. 15 S., Offenbach (C.K. Brede) 1828.
- HOPPE, W.: Die Auslaugungserscheinungen im Werra-Kaligebiet, ihre Bedeutung für die Lagerstätte und die Landschaftsformen.- Jb. Reichsamt Bodenforsch. f. 1941, 62, S. 248-271, 3 Abb., Taf. 12, Berlin 1944.
- HUMMEL, K.: Beiträge zur Stratigraphie und Tektonik der Wetterau.- Jahresber. u. Mitt.d.Oberhess.geol.Ver. NF, 8, S. 64-71, Stuttgart 1924.
- . - Die tektonische Entwicklung eines Schollengebirgslandes. (Vogelsberg und Rhön). Fortschr.Geol.u.Paläont.Berlin, 8, 233 S., 12 Abb., 3 Taf., Berlin (Gebr. Bornträger) 1929.
- HUFELAND, D.CH.W.: Praktische Uebersicht der vorzüglichsten Heilquellen Deutschlands. 325 S., 5 Tab. (Verl.d.Realschulbuchhandl.) Berlin 1815.
- ISHIMOTO, M., KOYAMA, J. and NAGAI, Y.: Biochemical studies on sulphate-reducing bacteria. IV. The cytochrome system of sulphate-reducing bacteria.- Journ.Boichem., 41, S. 763-770, 3 Tab., 4 Abb., Tokyo 1954.
- ISRAEL, H. & BECKER, F.: Die Bodenemanation in der Umgebung der Bad Nauheimer Quellenspalte.- Gerlands Beitr. Geophysik, 44, S. 40-55, 10 Fig., Leipzig 1935.
- JOCHHEIM, Ph.: Die Mineralquellen des Grossherzogthums Hessen, seiner Enclaven und der Landgrafschaft Hessen-Homburg. 138 S., 1 Abb., 1 Tab., Erlangen (F.Enke) 1858.
- JORNS, W.: Zur Salzgewinnung in Bad Nauheim während der Spätlatenezeit.- Germania, 38, 1/2, S. 178-184, 4 Abb., 1960.
- [KÄMPF, I.:] Von dem mineralischen Wasser bey Schwalheim.- Hanauisches Magazin, 1, S. 145-152, Hanau (Lth.Waisenhaus) 1779.
- KAISER, E. & MEYER, H.L.F.: Der Untergrund des Vogelsberges. Mit einem Überblick über den Aufbau der vulkanischen Gesteine.- 79 S., 10 Abb., 12 Taf., Bonn 1913 (Sonderdr.d.Sitzber.Naturhist.Ver.preuß.Rheinlde.Westf.).
- KAMPE, R.: Zur Mechanik gasführender Quellen.- Ing.-Z., 2, S. 145-149, 158-162, Teplitz-Schönau 1922.

- KASSNER, C.: Der Ausbruch des Großen Sprudels in Bad Nauheim.-
Z. Kurortwiss., 2, S. 369-371, Berlin 1932.
- KEGEL, W.: Geol.Kte. Preußen u. benachb.dt.Länd., Lfg. 275, Bl. Kleeberg-
Kirchgöns mit Erl., 50 S., 5 Abb., 1 Taf., Berlin 1929.
- KEMP, A.L.W. & THODE, H.G.: The mechanism of the bacterial reduction of sul-
phate and of sulphite from isotope fractionation studies.-
Geochim.Cosmochim.Acta, 32, S. 71-91, 4 Abb., 8 Tab., Oxford- New-
York 1968.
- KIRCHHEIMER, F.: Das Hauptbraunkohlenlager der Wetterau.-
Wetterauische Ges.ges.Naturk.Hanau a.M., Ber.f.d.Zeit v. 1. Okt. 1921
bis 30. Sept. 1933, S. 1-73, 6 Abb., 10 Taf., Hanau 1934.
- . - Die Karpolithen-Kohle von Salzhausen im Vogelsberg.-
Notizbl. hess.L.-Amt Bodenförsch., 83, S. 47-70, 2 Abb., 2 Taf.,
Wiesbaden 1955.
- KISSEL, F.: Geschichtliches über das Grossherzogl.Hessische Bad Bad-Nauheim
und seine Heilquellen.-
Festschr.z. 50jährigen Jubiläums-Feier des Friedr.-Wilh.-Sprudels
(Q.XII) am 15. Mai 1905, S. 9-45, 20 Abb., Bad Nauheim (P.Muth) 1905.
- . - Die Salzgewinnung in alter und neuerer Zeit zu Bad Nauheim.-
Bad Nauheimer Jb., 8, S. 97-124, Bad Nauheim 1929.
- KLAUS, W.: Über die Sporendiagnose des deutschen Zechsteinsalzes und des
alpinen Salzgebirges.-
Z.deutsch.geol.Ges., 105 (1955), S. 776-778, Hannover 1955.
- KLIPSTEIN, PH.E.: Aeltere und mittlere Geschichte des Salzwerkes zu Salz-
hausen bei Nidda. I. Aeltere Epoche bis 1729.-
Vorlesungen d.Churpfälz. physik.-ökon.Ges. Heidelbg. v.d.Winter
1786 bis 1788, Bd. 3, S. 389-418, Mannheim 1788.
- . - Versuch einer mineralogischen Beschreibung des Vogelsgebirgs in
der Landgraffschaft Hessen-Darmstadt.
96 S., Berlin (F. Nicolai) 1790.
- KNETSCH, G.: Kohlensäure, Vulkane, Erzlagerstätten des Rheinischen Gebirges.-
(Eine Karte tektonisch-magmatischer Konsequenzen).-
Geol.Rdsch., 30, S.777-789, Stuttgart 1939.
- KNIERIEM, F.: Bad-Nauheim sein Untergrund und die salzhaltigen Quellen.
20 S. (Hofbuchdruckerei L. Wagner) Bad Nauheim 1921.
- KNOTT, H.: Zur Geschichte von Bad Salzhausen.-
Bad-Nauh. Jb., 3, 2, S. 5-8, Bad Nauheim 1913.
- KOCH, E.: Die Mineralquellen Deutschlands und der Schweiz.
249 S., Wien (Braumüller & Seidel) 1844.
- KÖBRICH, C.: Der Bergbau des Großherzogtums Hessen.
101 S., 30 Abb., 1 Kte., Darmstadt (Staatsverl.) 1914.
- . - Die Tiefbohrungen nach Salz in Oberhessen in den Jahren 1905/07.-
Notizbl.Ver.Erdk. u.d.Hess. Geol. L.-Anst., 5.F., 8.H., S.197-223,
Darmstadt 1926 (1926a).

KÖBRICH, C.: Die Sauerlinge der Wetterau.-

Volk u. Scholle, 4, S. 65-70, 5 Abb., Darmstadt 1926 (1926b).

- . - Rückblick auf die Entwicklung des Hessischen Bergbaus sowie auf die Betriebsleiterkonferenzen in Hessen.

48 S., Tab., Abb., Darmstadt 1928 (1928a).

- . - Die nicht staatlichen Mineral-Bäder in Hessen.-

Fundgrube, 3, 14, S. 53-56; 15, S. 57-60, Darmstadt 1928 (1928b).

- . - Erdbeben bei Salzhausen um 1790 ? -

Fundgrube 8, 44, S. 187-188, Darmstadt 1933.

- . - Das süddeutsche Erdbeben vom 27. Juni 1935.-

Fundgrube 10, 55, Darmstadt 1935.

- . - Chronik des hessischen Berg-, Hütten- und Salzwesens.-

Handbuch hess. Bodenschätze 7, 56 S., Darmstadt 1937.

- . - Die Mineralstoffmengen der Mineralquellen in Oberhessen.-

Fundgrube 14, 80, S. 343-344; 81, S. 347-348, Darmstadt 1939;

82, S. 351-352; 83, S. 355, 356, 358; 84, S. 359-362; 15, 85, S. 365-366; 86, S. 369-372; 87, S. 375-377, Darmstadt 1940.

- . - Der Großh. Hessische Salinen-Inspektor Hans Tasché.-

Fundgrube, 16, S. 403-406, Darmstadt 1942.

KREJCI-GRAF, K.: Diagnostik der Salinitätsfazies der Ölwässer.-

Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., 10, S. 367-448, 2 Abb., 33 Tab., Krefeld 1963.

KRETSCHMAR, F.: Tabellarische Übersicht der Mineralwasser Deutschlands, nach ihren wirksamsten Bestandteilen klassifiziert.

32 S. + 32 S. Anhang, 231 Analysen, (C. Schlieder) Dessau 1817.

KUEHN, J.G.: Systematische Beschreibung der Gesundbrunnen und Bäder Deutschlands.

636 S., Breslau u. Hirschberg (J.F. Korn d. Ält.) 1789.

KÜHN, R.: Beitrag zur geochemischen Beurteilung der Wiesbadener Thermen nach den Gehalten an Br, Rb und Cs.-

Kali u. Steinsalz, 4, S. 204-207, 5 Taf., Hannover 1965.

KÜHNE, F.: Die paläogeographische Entwicklung der Saar-Saale-Senke.-

Jb. preuß. geol. Landesanst., 43, 1 Abb., S. 426-456 (für 1922) Berlin 1923.

KÜSTER, F.W., THIEL, A. & FISCHBECK, K.: Logarithmische Rechentafeln für Chemiker, Pharmazeuten, Mediziner und Physiker.

(94.-99. Aufl.) 302 S., Taf., Berlin (W. de Gruyter & Co.) 1965.

KUHN, W.: Die Bildung von "Blasenschalen" in der Bad Nauheimer Sprudelsole.-

Natur u. Volk 83, S. 427-432, 4 Bilder, Frankfurt a.M. 1953.

KUTSCHER, F., PRINZ, H. & SCHWARZ, E.: Bodenbewegungen in Hessen und ihre geologische Deutung.-

Z. Vermessungswesen, 93, 2, S. 45-54, 6 Abb., Stuttgart 1968.

- LAEMMLEN, M.: Geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5223 Queck, mit Erl., 327 S., 21 Abb., 7 Tab., 13 Diagr., 22 Textprof., 18 Taf., Wiesbaden 1963.
- . - Der Mittlere Buntsandstein und die Solling-Folge in Südhessen und in den südlich angrenzenden Nachbargebieten.
Z. deutsch. geol. Ges., Jg. 1964, 116, 3.T., S. 908-949, 12 Abb., 4 Tab., 1 Taf., Hannover 1966.
 - . - Geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5523 Neuhaus mit Erl., 2. Aufl., 274 S., 30 Abb., 5 Taf., 3 Beibl., Wiesbaden 1970.
- LANGSDORF, J.W.: Fortsetzung der Geschichte des Salzwerkes zu Salzhausen. Neueste Epoche von 1776-1786.-
Vorlesungen d. Churpfälz. physik.-ökonom. Ges. Heidelbg. v.d. Winter 1786 bis 1788, Bd. 3, S. 419-472, 643-644, 2 Taf., Mannheim 1788.
- LANGSDORF, K.CH.v.: Neue leichtfassliche Anleitung zur Salzwerkskunde mit vorzüglicher Rücksicht auf Halurgische Geognosie und auf die zweckmässigsten Anstalten zur Gewinnung reicherer Soolquellen.-
756 S., 14 Taf., Heidelberg, Leipzig (K. Groos) 1824.
- LAUMANN, L.: Lage und Entstehung der Bad Nauheimer Quellen.-
in: Bad Nauheim. Von der Frühzeit bis zur Gegenwart, II. Aufl., S. 61-65, 2 Abb., Bad Nauheim 1941.
- LAUTERBACH, L.: Die Salzflora von Bad Nauheim und Wisselsheim.-
Ber. Senckenberg. Naturf. Ges., 50, S. 143-152, 13 Abb., Frankfurt/M. 1920.
- LEPSIUS, R.: Festschrift zur Weihe des neuen Solsprudels zu Bad Nauheim.-
35 S., 4 Abb., 1 geol. Prof., Darmstadt 1900.
- . - Verlauf und Resultate der Tiefbohrung auf Soole in Bad-Salzhausen. 16 S., 2 Abb., Darmstadt 1902 (Maschinenschriftl. Bericht, Staatsarchiv Darmstadt, Nachl. Hesse, Konv. 56, Fasz. 5).
 - . - Über den Thermalsprudel von Bad Nauheim. -
Balneol. Ztg. 22, 32, Berlin 1912.
- LERSCH, B.M.: Praktische Mineralquellenlehre.
T. 2, IX S. + S. 1001-1634, Erlangen (F. Enke) 1860.
- LESCHIK, G.: Sporenstratigraphie in Perm und Trias.-
Z. deutsch. geol. Ges., 110, S. 13, Hannover 1958.
- LIEBIG, J.: Chemische Untersuchung der Soole zu Salzhausen.-
Archiv f. d. gesamte Naturlehre in Verb. m. Bischof herausgeg. v. Dr. K.W.G. Kastner, 5, S. 454-462, Nürnberg 1825.
- . - Chemische Untersuchung des Neuschwalheimer Mineralwassers.-
Magazin f. d. neuesten Erfahrungen, Entdeckungen u. Berichtigungen i. Gebiete d. Pharmacie, 19, S. 242-252, Karlsruhe 1827.
 - . - Chemische Untersuchung der Mineralquelle zu Schwalheim bei Friedberg.-
Annalen d. Pharmacie, 31, S. 59-61, Heidelberg 1839.
 - . - Analyse des Mineralwassers zu Salzhausen.-
Annalen d. Chemie u. Pharmacie, 48, S. 28-34, Heidelberg 1843.

LIETZ, J.: Die paläogeographische und lithofazielle Entwicklung vom Rotliegenden zum Zechstein im Gebiet des Vorspessarts und der Wetterau.

84 S., 21 Abb., 2 Bildtaf., 9 Prof., 1 Kte., Köln 1967.

LUDWIG, R.: Geognostische Beobachtungen in der Gegend zwischen Gießen, Fulda, Frankfurt a.M. und Hammelburg.

52 S., 2 Ktn., (Jonghaus und Venator) Darmstadt 1852.

- . - Die geognostischen Verhältnisse um Nauheim, und die Entstehung der Soolquellen. -
in: BODE, F.: Nauheim, seine natürlich warmen Soolquellen und deren Wirkung,
S. 10-52, Tab., Geol. Profil, Cassel (Th. Fischer) 1853 (1853a).
- . - Über die warmen Soolquellen Nauheims.-
Ber.Oberhess. Ges. f.Natur- u. Heilkunde, 3, S. 2-11, 2 Tab.,
1 Abb., Gießen 1853 (1853b).
- . - Analyse des Nauheimer Badesalzes.-
Ber.Oberhess. Ges. f.Natur- u. Heilkunde, 4, S. 166-167, Gießen 1854.
- . - Die Sprudelquellen zu Nauheim.-
Ber.Oberhess. Ges. Natur- u. Heilkunde, 5, S. 42-46, 1 Abb., Gießen
1855 (1855a).
- . - Der Soolsprudel zu Nauheim.-
Notizbl. Ver.f.Erdk. u. verwandte Wissensch. zu Darmstadt, 12,
S. 82-84, Darmstadt 1855 (1855b).
- . - Einige ergänzende und erläuternde Bemerkungen über die Sprudel zu
Nauheim, mit Beziehung auf die Schrift des Bergeleven Otto Weiss
"Die Nauheimer großen Sprudel etc.".-
Ber.Oberhess. Ges. f.Natur- u. Heilk., 5, S. 66-70, Gießen 1855
(1855c).
- . - Geol. Spec.Kte Grosshzgth. Hessen u. angr. Landesgeb. im Maasst.
1:50 000, Sect. Friedberg, mit Erl..
(Hrsgeg. v. mittelh. geol. Ver.), 76 S., Darmstadt 1855 (1855d).

- LUDWIG, R.: Geol. Spec.Kte. Grosshzgth. Hessen u. angr. Landesgeb. im Maasst. 1:50 000, Sect. Büdingen, mit Erl.
Hrsg. v. mittelrh. geol. Verein, 47 S., Darmstadt 1857.
- . - Das kohlen saure Gas in den Soolsprudeln zu Nauheim und Kissingen und die von ihm abhaengenden Erscheinungen.
70 S., 2 geol. Profile, Frankfurt a.M. (Heinrich Keller), 1856.
 - . - Geognosie und Geogenie der Wetterau.
Naturhist. Abh. aus d. Geb. d. Wetterau, Festgabe Wett. Ges. f. d. ges. Naturk., Hanau 1858.
 - . - Lagerung des Dolomits und Taunusquarzits in der Nähe der Brausteingrube bei Ober-Rosbach (Section Friedberg). -
Notizbl. Ver. f. Erdk., (III) 2, S. 42-43, Darmstadt 1863.
 - . - Die alten Salinen bei Bad Nauheim. -
Arch. hess. Gesch. u. Alterthumskunde, 11, S. 46-61, 1 Abb., Darmstadt 1867.
- LUDWIG, W.: Über die frühere Verbreitung und das heutige Vorkommen des Quellers (*Salicornia europaea* L.S. *herbacea* L.) in der Wetterau.-
Jb. Nass. Ver. Naturk., 28, S. 31-45, 1 Abb., 1 Kte., Wiesbaden 1951.
- . - Über einige unwahrscheinliche Angaben zur Flora der Wetterauer Salzstellen.-
Ber. oberhess. Ges. Natur- u. Heilk. Gießen, N.F., naturwiss. Abt., 28, S. 1-11, Gießen 1957.
- MARTIN, A.: Nachricht von seltsamen Scherzen bei der Fege der Sauerbrunnen von Großkarben mit einem Abriß der Geschichte der Mineralquellen (Ludwigs-, Selzer- und anderer Brunnen) zu Okarben und Großkarben.-
Z. Balneologie, Klimatologie u. Kurort-Hygiene, 1, S. 473-475, S. 529-534, Berlin 1909.
- . - Römische Münzfunde in den Schwalheimer Sauerbrunnen bei Bad-Nauheim.-
Friedberger Geschichtsbl. 2, S. 7-14, Erg. S. 183, Friedberg 1910.
 - . - Zweite Mitteilung über die römischen Münzfunde in den Schwalheimer Sauerbrunnen bei Bad-Nauheim.-
Bad-Nauh. Jb., 1, S. 17-21, Bad Nauheim 1911.
 - . - Nauheim und seine Saline im Jahre 1784.-
Bad-Nauh. Jb., 2, S. 21-25, Bad Nauheim 1913 (1913a).
 - . - Die ältesten gedruckten Erwähnungen der Nauheimer Saline im 16. Jahrhundert und die älteste gedruckte Beschreibung derselben vom Jahre 1603.-
Bad-Nauh. Jb., 2, S. 26-32, 1 Abb., Bad-Nauheim 1913 (1913b).
 - . - Thilenius' Beschreibung des Schwalheimer Sauerbrunnens vom Jahre 1772.-
Bad-Nauh. Jb. 2, S. 10-12, Bad Nauheim 1913 (1913c).
 - . - Die ältere [älteste] gedruckte Beschreibung der Salzhäuser Saline vom Jahr 1603.-
Bad-Nauh. Jb., 3, S. 8, Bad-Nauheim 1913 (1913d).
 - . - Bad-Nauheim.-
Volk u. Scholle, 3, S. 161-163, 8 Abb., Darmstadt 1925.

MARTIN, A.: Geschichte der Bad-Nauheimer Mineralquellen (zu Nauheim und Schwalheim) und ihres Gebrauchs.
16 S., 9 Abb., Bad Nauheim (L. Wagner) 1926 (Sonderdr. aus: Bad-Nauh. Jb., 4./5.Jg., Nr. 14/17, S. 53-67, Bad-Nauheim 1926).

MARTIN, [A.]: Warme Quelle in Nauheim 1737.-
Bad Nauheimer Jahrb., 8., S. 25-26, Bad Nauheim 1929.

MARTIN, A.: Geschichte des Dorfes und der Stadt, der Saline und des Bades Nauheim.-
Bad Nauheim. Von der Frühzeit bis zur Gegenwart, II. Aufl., S.45-59, Abb., Bad Nauheim 1941.

MARTIN, H.: Zur Geschichte von Bad Nauheim.-
Bad Nauheim Kurmittel u. Indikationen, S. 1-4, Bad Nauheim 1963.

MATTHESS, G.: Geologische und hydrochemische Untersuchungen in der östlichen Vorderpfalz zwischen Worms und Speyer.-
Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 86, S.335-378, 11 Abb., 5 Tab., Wiesbaden 1958.

- . - Die Herkunft der Sulfat-Ionen im Grundwasser.-
Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., 35, 85 S., 3 Abb., 31 Tab., Wiesbaden 1961.
- . - Hydrogeologie.-
Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5124 Bad Hersfeld, S.166-206, 1 Abb., 5 Tab., Wiesbaden 1967.
- . - Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4719 Korbach, S. 187-206, 2 Abb., 6 Tab., Wiesbaden 1968.
- . - Beziehungen zwischen geologischem Bau und Grundwasserbewegung in Festgesteinen.-
Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., 58, 105 S., 20 Abb., 18 Tab., 4 Taf., Wiesbaden 1970.
- . - Die Beschaffenheit des Grundwassers.
(In Druckvorbereitung).

MATTHESS, G. & HAMANN, K.: Biogene Schwankungen des Sulfatgehaltes von Grundwässern.-
Gas- u. Wasserf., 107, S. 480-484, 3 Abb., 3 Tab., München 1966.

MENSCH: Bad Nauheim und Umgebung.
Griebens Reiseführer, 92, 69 S., 2 Ktn., Berlin (A. Goldschmidt) 1909-1910.

[MERIAN, M.:] Topographia Hassiae. Das ist/
Beschreibung der vornehmsten Staedte und Plaetze in Hessen/ und
den benachbarten Landschafft/als Buchen, Nassau, Wetterau,
Westerwald, Wittgenstein, Loehngau, und andern.
151 S., Abb., [Frankfurt a.M. 1655]

MEYER, H.: Bemerkungen zu der Arbeit "Bacillus circulans aus Zechsteinsalzen" von H.J. Dombrowski.-
Zbl. Bakt., Parasitenkde, Infektionskrankh. u. Hyg., I. Abt., 188, S. 245-247, Stuttgart 1963.

MICHEL, W.: Die Phormiden der Nauheimer Wässer.-
Ber. Oberh. Ges. f. Natur- u. Heilk. Gießen, N.F., 18, (1937/38), S. 201-211, Gießen 1938.

- MICHELS, F.: Der Ursprung der Mineralquellen des Taunus.-
Natur u. Museum, 56, S. 225-238, Frankfurt/M. 1926.
- . - Erl.Geol.Kte.Preußen u. benachb. dt. Länd., Lfg.253, Bl. Homburg v.d.Höhe-Ober-Eschbach.(m. Beitr. v. K. SCHLOSSMACHER).
53 S., Berlin 1927.
 - . - Erl.Geol.Kte.Preußen u. ben. dt. Länd., Lfg.275, Bl. Usingen-Fauerbach.
56 S., 2 Abb., 1 Taf., Berlin 1928.
 - . - Erl.geol.Kte.Preußen u. benachb. dt. Länd., Lfg. 300, Bl. Frankfurt/Main-Ost-Offenbach (m. Beitr. v. W. WENZ u. A. ZÖLLER).
88 S., 1 Prof., 2 Taf., Berlin 1930.
 - . . Die Herkunft der Mineralwasservorkommen am Rande des Taunus und in der Wetterau.-
Der Naturbrunnen, 3, 2 S., Bad Godesberg 1965.
- MÖLLER, C.Ph.: Mittheilungen aus der Erfahrung über die Wirkung und Anwendung der Sool-Bäder, insbesondere zu Salzhausen.-
207 S., 1 Taf., Darmstadt (L.Pabst) 1835.
- . - Kurze Übersicht der Wirksamkeit der Soolbäder zu Salzhausen im Grossherzogthum Hessen.-
Jahrbücher f.Deutschlands Heilquellen u.Seebäder, (hrsg.v.Graefe u.Kalisch) 2, S.254-273, Berlin 1837.
 - . - Fortgesetzte Mittheilungen über die Wirkungen der Soolquellen zu Salzhausen nach ihren Resultaten zusammengestellt.
19 S., Friedberg (C.Bindernagel) 1842.
- MOSEBACH, R.: Zur petrographischen Kenntniss devon'scher Dachschiefer.-
Notizbl.hess.L.-Amt Bodenforsch. 82, S.234-246, 2 Abb., 6 Tab., 1 Taf., Wiesbaden 1954.
- MÜLLER, R.: Grossherzoglich Hessisches Bad Bad Nauheim bei Frankfurt/M seine Kurmittel und Wirkungen.
56 S., 1 Abb., Friedberg u.Bad-Nauheim (C.Bindernagel) 1896.
- MÜLLER, W.: Quellenbeobachtung in Bad Nauheim.- Balneologe, 7, S.169-179, Berlin 1943.
- . - Über die Veränderlichkeit der Mineralquellen.-
"Vom Wasser", Jb.Wasserchemie u.Wasserreinigungstechn., 18, S.27-42, 9 Abb., 3 Tab., Weinheim 1950/1951.
 - . - Die Verfärbung des Sprudels 12 in Bad Nauheim und das Assam-Beben am 15. August 1950.-
Natur u.Volk, 81, S.207-212, 2 Abb., Frankfurt a.M. 1951.
 - . - Die natürlichen ortsgebundenen Heilmittel.-
Bad Nauheim Kurmittel und Indikationen ..., S.10-21, Bad Nauheim 1963
- ✓MÜLLER, W.]: Bad Nauheim.- Heilbad u.Kurort, 22, 8 S., Bonn 1970
- MÜRRIGER, F.u. PFLANZ, L.G.: Pollenanalytische Datierungen einiger hessischer Braunkohlen.-
Notizbl.hess.L.-Amt Bodenforsch., 83, S.71-89, 1 Tab., 2 Taf., Wiesbaden 1955.

- MUFFLER, L.J.P. & WHITE, D.E.: Origin of CO₂ in the Salton Sea Geothermal System, Southeastern California, U.S.A..-
Int.Geol.Congr., Rep. 23. Sess. Czechoslovakia 1968, 17, S.185-194, 2 Abb., 1 Tab., Prag 1968.
- MURAWSKI, H.: Das Zeitproblem bei der Tektogenese eines Großgrabensystems. Ein taphrogenetischer Vergleich zwischen Hessischer Senke und Oberrheintalgraben.-
Not.-Bl.hess.L.-Amt Bodenforsch. 88, S.294-342, Wiesbaden 1960.
- . - Spessartschwelle und Wetteraubecken. Funktion und Bild.-
Veröff.Gesch.- u.Kunstver.Aschaffenburg e.V., 10, Beiträge z.Geologie d.Aschaffener Raumes, S.71-89, 2 Abb., 1 Tab., 1 Kte., Aschaffenburg 1967.
- NIESS, P.: Heilen und Helfen durch Jahrhunderte in Büdingen.-
Büdingen Nachr., 1, S.2-6, Büdingen 1961.
- NÖRING, F.: Die Fortsetzung der Saar-Senke in Hessen.-
Notizbl.hess.L.-Amt Bodenforsch. (VI), 2, 22-40, Wiesbaden 1951 (1951a).
- . - Der paläozoische Aufbruch der Naumburg bei Erbstadt.-
Notizbl.hess.L.-Amt Bodenforsch. (VI), 2, S.44-46, Wiesbaden 1951 (1951b).
- . - Einflüsse der Kunstdüngung auf den Chemismus des Grundwassers.-
Gesundheits-Ing. , 72, S.190-191, München 1951 (1951 c).
- . - Neue Nachweise des Untermain-Trapps.-
Notizbl.hess.L.-Amt Bodenforsch., (VI), 2, S.41-43, Wiesbaden 1951 (1951 d).
- . - Die Solquellen in Gelnhausen.-
Notizbl.hess.L.-Amt Bodenforsch., (VI), 3, S.278-293, 1 Abb., Wiesbaden 1952.
- . - Die regionale Paläogeographie und Tektonik als Hilfsmittel beim Aufsuchen von Grundwasservorkommen.-
Roemeriana, 1, DAHLGRÜN-Festschrift, S.195-208, Clausthal-Zellerfeld 1954.
- . - Offene stratigraphische Fragen des Rotliegenden von Südwesthessen.-
Notizbl.hess.L.-Amt Bodenforsch., 83, S.157-166, Wiesbaden 1955.
- . - Geologie.- in: Wasserwirtsch.Rahmenpl. Kinzig, E 3 - E 6, Hrsg. Hess.Min.f.Landwirtsch.u.Forsten, Abt. Wasserwirtsch., Wiesbaden 1961.
- . - Geologische Angaben. - In: MÜLLER 1970: Bad Nauheim, Heilbad u.Kurort, 22, 1 S., Gütersloh 1970.
- . - Heilquellen und Mineralwässer in Hessen.-
Gas- u.Wasserfach, 112, S.57-61, 1 Abb., München 1971.
- NONNE, K.C.: Versuch einer Darstellung des Gehaltes und der Heilkräfte des salz- und eisenhaltigen Mineralbrunnens bei Okarben in der Wetterau im Großherzogthum Hessen.- 16 S., Friedberg 1820.

- ØDUM, H. & CHRISTENSEN, W.: Danske Grundvandstyper og deres geologiske Optraeden.-
Danm.geol.Unders., 3, 26, 184 S., 20 Abb., 19 Taf., Kopenhagen 1936.
- OSANN, E.: Physikalisch-medicinische Darstellung der bekannten Heilquellen der vorzüglichsten Länder Europa's.
2. Teil (1. Aufl.) 868 S., Berlin (F. Dümmler) 1832.
- . - Analyse des Mineralwassers vom Ludwigsbrunnen bei Grosskarben in der Wetterau... (Kreis Friedberg, in der Grossherz. Hessischen Provinz Oberhessen, drei Stunden von Frankfurt a.M.),
15 S., Würzburg 1836.
- . - Physikalisch - medicinische Darstellung der bekannten Heilquellen der vorzüglichsten Länder Europa's.
1100 S., Berlin (Ferd. Dümmler) 1841.
- OSSWALD, H.: Die Bad Nauheimer und Wisselsheimer Salzpflanzen und ihr Schutz.-
23 S., 14 Abb., 2 Pläne, Bad Nauheim (L. Wagner) 1927.
Bad Nauh. Jb., 4/5, S. 93-116, 14 Abb., 2 Pläne, Bad Nauheim 1926.
- OTT, V. R. & DOMBROWSKI, H. J.: Mikrofossilien in den Mineralquellen zu Bad Nauheim.-
Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 87, S. 415-416, Wiesbaden 1959.
- [PASQUAY]: Gruendliche Abhandlung von dem Gehalt und denen Eigenschaften der Gemeinen Wassern überhaupt, ins besondere aber derer fuernehmsten in der Stadt Franckfurt am Mayn befindlichen Roehr- und Brunnen-Wassern, Welcher in einem Anhang beygefueget eine gleichmaeßige Untersuchung und Beurtheilung 1. Des neu=entdeckten Faechinger= oder Dietzer=ingleichen 2. Des Schwalbacher= 3. Selter= 4. Wißbader= 5. Schlangenbader= 6. Carber= 7. Soder= und des 8. Faul= Brunnen-Wassers.
136 S., Frankfurt a.M. (J. F. Fleischer) 1748.
- PFLUG, H. D. & WERDING, L.: Kalksinter und Rotlehme in Karstspalten des Massenkalkes von Pohl-Göns (Blatt 5518 Butzbach).-
Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 92, S. 126-138, 4 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1964.
- PINNEKER, E. V.: The Problem of the Formation of Underground Concentrated Brines.-
Int. Geol. Congr., Rep. 23. Sess. Czechoslovakia 1968, 17, S. 95-99, Prag 1968.
- PITZLER, A.: Gründlich-auffrichtige Beschreibung des Gesundheitsvulgo Carber Sultzbrunnens, in dem Kaeyserl. Burg-Friedbergischen Territorio, zwischen Groß-Klein- und Ocarben gelegen.
16 S., Abb., Frankfurt a.M. (F. W. Förster) 1724.
- PLASS, W.: Zur Chatt/Aquitane-Grenze im Mainzer Becken und Rheintal-Graben.-
N. Jb. Geol. Paläontol. Mh., 1965, 1, S. 55-57, Stuttgart 1965.
- PLESSMANN, W.: Zur Tektonik der Erbstädter Grauwacke (Wetterau).-
Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 85, S. 292-296, 5 Abb., Wiesbaden 1957.
- PRÜFERT, J.: Der Zechstein im Gebiet des Vorspessarts und der Wetterau. Seine Stratigraphie, Fazies und Paläogeographie.-
Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln 16, 176 S., 15 Abb., 4 Tab., 3 Taf., Bonn 1969.

- RASPE, F.: Heilquellen-Analysen für normale Verhältnisse und zur Mineralwasserfabrikation berechnet auf zehntausend Theile.
510 S., Dresden (W.Baensch Verlagshandl.) 1885.
- REINACH, A.von: Das Rothliegende in der Wetterau und sein Anschluss an das Saar-Nahegebiet.-
Abh.kgl.preuß.geol.L.-Anst., N.F., 8, 34 S., 6 Abb., 1 geol.Kte., Berlin 1892.
- . - Erl.geol.Spec.-Kte.Preussen u.Thür.St., Lfg. 77, Bl.Hüttengesäß, 63 S., Berlin 1899.
- RICHTER, G.H.: Deutschland's Mineralquellen.
264 S., Berlin (A.Rücker), 1828.
- RICHTER-BERNBURG, G.: Stratigraphische Gliederung des deutschen Zechsteins.-
Z.deutsch.geol.Ges., 105, (für 1953) S.843-854, 1 Abb., 1 Tab. 1 Taf., Hannover 1955.
- RITGEN, F.A.M. Fr.von: VI. Bestimmungen über die Mineralquellen und Heilbäder.
1. Im Inlande. Das Medicinalwesen des Großherzogthums Hessen in seinen gesetzlichen Bestimmungen.
2. Bd., 696 S., Darmstadt (C.W.Leske) 1842.
- ROSEMAN, R.: Die Mineral-Trinkquellen Deutschlands.
182 S., Greifswald (J.Abel) 1897.
- ROTH, H. & LAEMMLEN, M.: Perm.-
Erl.geol.Kte.Hessen 1:25 000, Bl.5523 Neuhaus, 2.Aufl., S.21-31, 1 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1970.
- ROTUREAU, A.: Etude sur les eaux minérales de Nauheim.
160 S., Paris (Labé) 1856.
- RÜBSAMEN, J.D.L.: Dissertatio physico-medica de aquis sœderis carbensibus, in qua aquarum alcalinarum ortum montium marmoreorum seriei deberi simul ostenditur, quam praeside domino D. Joan, Wilh.Baumer...submittit.
28 S., Giessen (Schroeder) 1769.
- SCHAARSCHMIDT, F.: Sporen und Hystriospaerideen aus dem Zechstein von Bidingen in der Wetterau.-
Palaeontographica Abt. B, 113, Liefg.1-4, S.38-91, Stuttgart 1963.
- SCHAEFER, H.: Vereinfachte Berechnung der Leistungskurve von Schloten gasführender Quellen.-
Heilbad u.Kurort, 16, S.8-11, 3 Abb., Gütersloh 1964.
- [SCHÄFER, O.]: Bidingens Heilquellen.-
Büdingen Nachr., 6, 2, S.3-4, Bidingen 1967.
- SCHARPFF, H.-J.: Mineralwasserkartierung mit dem Handbohrgerät, dargestellt am Beispiel der "Wisselsheimer Salzwiesen"/Hessen.
Heilbad u.Kurort, 22, S.289-293, 2 Abb., 1 Tab., Gütersloh 1970 (1970a).

SCHARPFF, H.-J.: Hydrogeologie.-

Erl.geol.Kte.Hessen 1:25 000, Bl.5523 Neuhof, S.164-182, 1 Abb.,
3 Tab., Wiesbaden 1970 (1970b).

SCHEIDEMANDEL, Fr. Ch. G.: Anleitung zum vernünftigen Gebrauch aller Gesundbrunnen und Bäder Teutschland's, deren Bestandtheile bekannt sind.

458 S., Gotha (Ettingersche Buchhandl.) 1792.

SCHENK, E.: Postpliozäne Krustenbewegungen mit Faltenformen in der Wetterau.-
Geol.Rundschau, 43, S.93-103, 6 Abb., Stuttgart 1955.

- . - Erosion und Sedimentation im Hauptbraunkohlenlager der Wetterau.-
Notizbl.hess.L.-Amt Bodenforsch. 84, S. 328-355, 7 Abb., 1 Taf.,
Wiesbaden 1956.

- . - Corbículaschichten und Cyrenenmergel im Horloffgraben (Wetterau).-
Notizbl.hess.L.-Amt Bodenforsch., 85, S.224-254, 3 Abb., Wiesbaden
1957.

SCHLIEPHAKE, : Zur Geschichte des Schwalheimer Sauerbrunnens.-

Friedberger Geschichtsbll., 6, S.77-78, 81-82, 85-86, Friedberg 1924.

SCHOELLER, H.: Utilité de la notion des échanges de bases pour la comparaison
des eaux souterraines.-

Bull.Soc.geol.France 5, 4, S.651, Paris 1935.

- . - Les eaux souterraines. Hydrologie dynamique et chimique.

Recherche, exploitation et évaluation des ressources.-

642 S., 187 Abb., Tab., Paris (Masson & Cie) 1962.

SCHÖNHALS, E.: Das Auftreten der Mineralquellen bei Bad Nauheim, erläutert
an Hand der neuen geologischen Spezialkartierung.-

Z.deutsch.geol.Ges., 85, (für 1933), S.545-553, Berlin 1934.

- . - Geologie der Umgebung von Bad-Nauheim und Friedberg (Oberh.) unter
besonderer Berücksichtigung der Tertiärablagerungen.

Abh.d.hess.^{geol.}L.-Anst.zu Darmstadt, 134 S., 23 Zeichn., 8 Taf., 1 geol.
Kte., Darmstadt 1936.

SCHOPPER, J.: Neue Chorographia und Histori Teutscher Nation.

Frankfort am Mayn 1632. (zit. b. MARTIN 1909).

SCHOTT, : Die Heilfactoren Bad Nauheims.

Festschrift zur Einweihung des am 7. März 1900 zu Tage getretenen
Kohlensäurereichen Thermal-Soolsprudels Quelle No. XIV.

58 S., Wiesbaden (J.F.Bergmann) 1900.

SCHOTTLER, W.: Beiträge zur Geologie und Hydrologie des Inheidener Quellen-
gebietes.-

Festschr.z.Errichtung d.Inheidener Provinzialwasserwerkes.
S.29-37, (o.O.) 1912.

- SCHOTTLER, W.: Nochmals die pleistozänen vulkanischen Tuffe in der Wetterau.-
Notizbl.d.Ver.f.Erdk.u.d.Großh.Hess.Geol.L.-Anst. (V)., 1, S.56-77, Darmstadt 1916.
- . - Beiträge zur Geologie der nördlichen Wetterau auf Grund neuer Bohrungen.-
Notizbl.d.Ver.f.Erdk.u.Großh.Hess.Geol.L.-Anst. (V), 4, S.57-87 Darmstadt (für 1918) 1919.
 - . - Erl. geol.Kte.Hessen 1:25 000 Bl. Hungen.
106 S., Darmstadt 1921.
 - . - Beiträge zur Kenntnis des Tertiärs und der Basalte am Nord- und Westrand des Vogelsberges.-
Notizbl.Ver.f.Erdk.u.d.Hess.Geol.L.-Anst. (V), 6, Darmstadt 1924.
 - . - Die Geologie von Salzhausen nebst einem Überblick über den Bau der Wetterau und des Vogelsberges. Mit einer tektonischen Kartenskizze im Maßstab 1:250 000.-
Notizbl.Ver.f.Erdk.u.d.hess.Geol.L.-Anst., (V), 7, S.23-55, 1 Kte. Darmstadt (für 1924) 1925.
 - . - Der Bau des Vogelsberges erläutert an einem geologischen Querschnitt durch den Vogelsberg im Maßstab 1:75 000 (Tafel 1) und einer Karte der vulkanischen Durchbrüche des Hohen Vogelsberges im Maßstab 1:100 000 (Taf. 2).
Notizbl.d.Ver.f.Erdk.u.d.Hess.Geol.L.-Anst., (V), 13, (für 1930) S.3-61, 2 Taf., Darmstadt 1931.
 - . - Der Vogelsberg.-
Notizbl.d.hess.Geol.L.-Anst., (V) , 18, S.3-86, 2 Taf., 2 Abb., Darmstadt 1937.
- SCHREIBER, F.: Der kleine Solsprudel (die Quelle Nr. 11) und ihre Beziehung zu dem Versiegen und Wiederheben des grossen Soolsprudels Nr.7 und dem Erscheinen der grossen Friedrich-Wilhelms-Quelle zu Nauheim, ein Beitrag zur Kenntnis der Nauheimer Soolquellen.-
Der Bergwerksfreund, XVIII,43, S.649-655, S.661-668, Eisleben 1855.
- . - Die neue Fassung und das Verhalten des Soolsprudels No.7 in Nauheim,-
Notizbl.d.Ver.f.Erdk. 6, S.41-45, Darmstadt 1857.
- SCHWARTZ, W.: Die Bakterien des Schwefelkreislaufes und ihre Lebensbedingungen.-
Freib.Forschungsh., C 44, S.1-13, Freiberg 1958.
- SCHWILLE, F.: Natriumhydrogenkarbonat- und Natriumchlorid-Wässer im tieferen Untergrund des Mainzer Beckens.-
Notizbl.hess.L.-Amt Bodenforsch., 81, S.314-335, 2 Abb., 2 Tab., Wiesbaden 1953.

- SIEBERG, A.: Beiträge zum Erdbebenkatalog Deutschlands und angrenzender Gebiete für die Jahre 58 bis 1799.-
Mitt.Deutsch.Reichs-Erdbebendienstes, 2, 112 S., 20 Abb., 4 Tab., Berlin 1940.
- SIMON, J.F.: Die Heilquellen Europa's, mit vorzüglicher Berücksichtigung ihrer chemischen Zusammensetzung nach ihrem physikalischen und medizinischen Verhalten dargestellt.
XII + 265 S., Tab., Berlin (A.Förstner) 1839.
- SOBERNHEIM, J.F.: Deutschlands Heilquellen in physikalischer, chemischer und therapeutischer Beziehung. In tabellarischer Form geordnet.
71 S., Berlin (W. Schüppel) 1836.
- SOMMER, E.: Ueber die Radioaktivitätsverhältnisse der natürlichen Heilquellen des deutschen Sprachgebietes.-
64 S., München (Verl.d.ärztl.Rdsch.O.Gmelin /1909_7.
- SONNE, W. & E.FRANKE: Die Mineralquellen des Hessischen Soolbades Salzhausen. II.-
Z.angew.Chemie, 56, S.430-434, Berlin 1893 (1893a).
- . - Beiträge zur Kenntniß der älteren Mineralquellen des Soolbades Salzhausen.-
Gewerbl.Großherzogth.Hessen, 56, S.446-453, Darmstadt 1893 (1893b).
- SONNE, W. & A.RÜCKER: Untersuchung neu erschlossener Mineralquellen des Soolbades Salzhausen.-
Z.angew.Chemie, 4, S.212-216, Berlin 1891 (1891a).
- . - Beiträge zur Kenntniß neu erschlossener Mineralquellen des Soolbades Salzhausen.-
Gewerbebl.Großherzogth.Hessen, 54, S.246-254, 1 Taf., Darmstadt 1891 (1891 b).
- SPEYER, A.F.: Deutschlands vorzüglichste Mineralquellen nach ihren physischen, chemischen und therapeutischen Eigenschaften tabellarisch entworfen.
1 Tab., Hanau (F.König) o.J.
- SPIESSEN, V.: Die Wisselsheimer Salzwiesen in der Wetterau.-
Allg.Bot.Z. 6, S.142-143, (für 1900) Karlsruhe 1901.
- STEGEMANN W.: Zur Datierung der Rockenberger und Ostheimer Schichten in der Wetterau und Allgemeines zur Sporenstratigraphie im Chatt/Miozän Hessens.-
Notizbl.hess.L.-Amt Bodenforsch., 92, S.139-153, 3 Abb., Wiesbaden 1964 (1964 a).

- STEGEMANN, W.: Paläontologie und Stratigraphie einiger Sedimentvorkommen im Vogelsberg.-
Ber. oberhess. Ges. Natur- u. Heilk. Gießen, NF, naturwiss. Abt., 33, 4, S. 251-279, 18 Abb., Gießen 1964 (1964b).
- STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Bruch- und Dehnungstektonik im östlichen Rheinischen Schiefergebirge als Auswirkung des Oberrheingrabens.-
Z. deutsch. geol. Ges., Jg. 1969, 121, S. 129-141, 3 Abb., Hannover 1970.
- STEUER, A.: Über Cerithienschichten und Cyrenenmergel bei Groß-Karben.-
Notizbl. Ver. Erdk. Hess. Geol. L.-Anst. Darmstadt (IV), 29, S. 55-62, Darmstadt 1908.
- . - Über die Bildung von Mineral- und Grundwasser in der Wetterau.-
Journal f. Gasbeleuchtung u. verwandte Beleuchtungsarten sowie für Wasserversorgung, 43, S. 1054-1057, München 1912.
- . - Die Nauheimer Quellen und die Geologie der Wetterau.-
Ber. Vers. Naturforscher u. Ärzte zu Bad Nauheim, 86, S. 191-206, Leipzig 1921.
- STEUER, A. & SCHOTTLER, W.: Über ein neues Vorkommen von Rupelton bei Rockenberg in der nördlichen Wetterau.-
Notizbl. d. Ver. f. Erdk. u. d. hess. geol. L.-Anst., (IV), 35, S. 93-94, Darmstadt 1914.
- STOPPEL, D.: Emsquarzit unter der Hessischen Senke. Eine Fauna aus Geröllen im mittleren Buntsandstein von Niederklein östlich Marburg. Mit einem Beitrag von S. JENTSCH.-
Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 86, S. 133-139, 1 Abb., 2 Tab., Wiesbaden 1958.
- STRAUB, E. W.: Die Erdöl- und Erdgaslagerstätten in Hessen und Rheinhessen.-
Abh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, 4, S. 123-136, 6 Abb., Freiburg i. Br. 1962.
- STUCKE, C.: Abhandlung von den Mineralquellen im Allgemeinen und Versuch einer Zusammenstellung von 880 der bekannteren Mineralquellen und Salinen Deutschlands, der Schweiz und einiger angrenzender Länder; mit analytischen Tabellen, worin etwa 250 chemische Analysen von Mineralquellen angegeben sind.
109 S., 4 Ktn. (von H. RICHTER), Cöln (M. Dümont-Schauberg) 1831.
- SUESS, E.: Über heiße Quellen.-
Verhandl. Ges. deutsch. Naturforscher u. Ärzte, Karlsbad 74, I, S. 133-151, Leipzig 1902.
- TABERNAEMONTANUS, J. Th.: Neuw Wasserschatz das ist: von allen heylsamen Metallischen Minēischen Bädern
XVI+649 S., 68 S., Register, Frankfurt a. M. (N. Basseus) 1584.
- TASCHE, H.: Die Salzquellen zu Salzhausen oder Beantwortung der Frage, ob sich bei dieser Saline hochprocentige Soole erschürfen läßt.-
Ber. Oberhess. Ges. Natur- u. Heilk. 1, S. 16-17, Gießen 1847.
- . - Über einige Sauer- und Gasquellen am südwestlichen Rande des Vogelsberges.-
Ber. oberhess. Ges. Natur- und Heilkunde, 3, S. 105-116, Gießen 1853 (1853 a).

- TASCHE, H.: Das Soolbad Salzhausen in der Wetterau im Grossherzogthum Hessen.
32 S., 1 Abb., Gießen (Ferber'sche Universitätsbuchhandl.) 1853
(1853 b) (1. Aufl.)
2. Aufl. v. K. Schnittspahn neu bearbeitet, 44 S., Abb., 1 Kte.,
Gießen (E. Roth) 1900.
- . - Salzhausen. Mit besonderer Rücksicht auf die geognostischen Verhältnisse seiner Umgebung.-
Ber. Oberhess. Ges. Natur- u. Heilk., 4, S. 72-127, 1 Petrogr. Kte.,
1 Prof., Giessen 1854.
- . - Kurzer Überblick über das Berg-, Hütten- und Salinen-Wesen im Grossherzogthum Hessen.-
92 S., Darmstadt (Verlag d. G. Jonghaus'schen Hofbuchhandlung)
1858.
- THEWS, J.-D.: Zur Typologie der Grundwasserbeschaffenheit im Taunus und Taunusvorland.
Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., 63, 42 S., 27 Abb., 7 Tab., 2 Taf.,
Wiesbaden 1972
- THILENIUS, M.G.: Versuch einer Beschreibung des Ocarber Gesundbrunnens, nebst einer kurzen Nachricht von dem Gesundbrunnen zu Schwalheim im Hanauischen.-
50 S., Lauterbach (Hegelund) 1772.
- THOELDEN/HESSUM, Johan: Haligraphia, das ist gründliche und eigendliche Beschreibung aller Saltz Mineralien.
Darin von deß Saltzes erster Materia, Ursprung, Geschlecht, Unterscheid, Eigenschaft, wie man auch die Saltzwasser probiren, die Saltzsol durch vielerlei Art künstlich zu gute sieden....
317 S. (Jacob Apels) 1603.
- TOBIEN, H.: Die oberpliozäne Säugerfauna von Wölfersheim-Wetterau.-
Z. deutsch. geol. Ges., 104, S. 191, Hannover (für 1952) 1953.
- TROPP, W.: Tertiärgeologische Untersuchungen am Südwestrande des Vogelsberges!
112 S., 1 Prof. Taf., 2 geol. Ktn., o.O. 1936.
- TRUSHEIM, F.: Über den Untergrund Frankens. Ergebnisse von Tiefbohrungen in Franken und Nachbargebieten 1953-1960.
Geologica Bavarica, 54, 92 S., 11 Abb., 13 Beil., München 1964.
- TÜNNERMANN, J.: Analyse des Ludwigsbrunnenwassers bei Burggräfenrode.-
Neues Journ. d. Pharmacie f. Ärzte, Apotheker u. Chemiker, 24, 1. St., S. 40-94, Leipzig 1832.
- . - Analyse des Mineralwassers vom Ludwigs-Brunnen bei Burggräfenrode in der Wetterau, Kreis Friedberg, in der Großherzogl. Hessischen Provinz Oberhessen.
39 S., Frankfurt a.M. (C. Naumann) [1836].

- TÜNNERMANN, J.: Analyse des Mineralwassers vom Ludwigs-Brunnen bei Grosskarben in der Wetterau, Kreis Friedberg, in der Grossherzogl. Hessischen Provinz Oberhessen, drei Stunden von Frankfurt a/M.
39 S., Frankfurt a.M. (C.Naumann) 1839.
- ÜLOTH, J.: (Notiz ohne Titel) in: "Chemische Geologie".
Jahresber. Fortschr. Chemie f. 1871, S. 1226, Gießen 1874.
- VETTER, A.: Theoretisch-praktisches Handbuch der Heilquellenlehre.
1. Bd. 464 S.; 2. Bd. 515 S., Berlin (A.Hirschwald), Wien (C.Gerold) 1838.
- WAGNER, G.W.J.: Statistisch-topographisch-historische Beschreibung des Großherzogthums Hessen.
3.Bd. Provinz Oberhessen. 338 S., Darmstadt (C.W.Leske) 1830.
- WAGNER, W.: Chronik der Stadt und des Bades Nauheim von der ältesten Zeit bis zum 22. Dezember 1896, dem 50jährigen Jubiläum des "großen Sprudels" (Quelle VII).
149 S., Abb., Bad Nauheim (Selbstverl.d.Verf.) 1897.
- WAGNER, W.: Miozänes Steinsalz im Hessischen Rheintalgraben.-
Wiss.Veröffentl.T.-H.Darmstadt, (3), 1, S.93-96, 1 Abb., Darmstadt 1947.
- . - Die Tertiären Salzlagerstätten im Oberrheintalgraben.-
Z.deutsch.geol.Ges., 105, S.706-728, Hannover 1955.
- WEISS, O.: Die Nauheimer Grossen Solsprudel und ihr Verhalten zu den übrigen dortigen Solquellen.-
46 S., Kassel (G.E.Vollmann) 1855.
- . - Beitrag zur Kenntnis der Nauheimer Soolsprudel.-
Schriften Ges.Bef. ges.Naturwiss.Marburg, 10, 4, S.273-289, 2 Beil., 1 Taf., Kassel 1872.
- . - Die Verröhrung des Riessensprudels (Quelle XII) zu Bad Nauheim.-
Berg- u.hüttenmännische Zeitung 33, S.197-201, Leipzig 1874.
- . - Zur Gründung und Entwicklung des Solbades Nauheim.-
Bad Nauheim 1875 (zit. in CHELIUS 1905a).
- . - Das Soolbad Nauheim.-
Führer für Kurgäste. 3. Aufl. Friedberg 1885.
- . - Zusammenstellung der Erfahrungen über Tiefbohrungen nach Sole zu Bad Nauheim.-
Marburg 1911 (zit. in CHELIUS 1905a).
- WENZ, W.: Grundzüge einer Tektonik des östlichen Teiles des Mainzer Beckens.-
Abh.Senckenberg.naturf.Ges., 36, 1, S.71-107, Frankfurt a.M. 1914.
- . - Das Mainzer Becken und seine Randgebiete.-
351 ., 38 Abb., 38 Taf., Heidelberg (W.Ehrig) 1921.
- . - Das Tertiär im Vogelsberg und seine Beziehungen zu dem der Wetterau und zu anderen Tertiärablagerungen.-
Ber.Wetterauische Ges.ges.Naturk.für 1909-1921, S.1-81, 2 Abb., 3 Taf., Hanau 1922.

- WENZ, W.: Erl.Geol.Kte. Hessen 1:25 000, Bl. Rodheim.-
60 S., 1 Abb., Darmstadt 1936.
- WERDING, L.: Neue Oberdevonvorkommen am E-Rand des Taunus.-
Senck.leth., 45., 6, S. 501-504, Frankfurt/M. 1964.
- . - Stratigraphie und Genese devonischer Kalke des Taunusostrandes.-
Aus d. Geol.-Paläontol.Inst.d.J.Liebig-Univ.Gießen, Diss., 32 S.,
6 Abb., 4 Tab., Gießen 1965.
- WERVEKE, L.van: Die Richtung der Nauheimer Thermalquellenspalte.-
Z.prakt.Geol., 21, S.49-54, Berlin 1913.
- WIESNER, E.: Neue Beobachtungen aus dem Rotliegenden der Wetterau.-
Notizbl.hess.L.-Amt Bodenforsch., 92, S.120-125, Wiesbaden 1964.
- . - Das Miozän im östlichen Mainzer Becken unter besonderer Berücksich-
tigung der Mikrofauna.
21 S., 5 Abb., (gekürzte Diss.), Frankfurt a.M. 1970.
- WILLE, G.A.: Geognostische Beschreibung der Gebirgsmassen zwischen dem
Taunus- und Vogelsgebirge, von der Lahn nach dem Main, Rhein und der
Nahe, nebst besonderer Betrachtung der daselbst vorkommenden ver-
schiedenartigen Mineralquellen.
168 S., 1 Tab., 2 Ktn., Mainz (F. Kupferberg) 1828.
- Johann WINKELMANN's gründliche und warhafte Beschreibung der Fürthenthümer
Hessen und Hersfeld...
600 S., Bremen (H.Brauer) 1697.
- WINKLER, H.G.F.: Die Genese der metamorphen Gesteine.
237 S., 53 Abb., 12 Tab., Berlin, Heidelberg, New York (Springer) 1967.
- WITTE, W.: Die Eisen- und Manganerzlagerrstätte bei Oberrosbach, Provinz
Oberhessen.-
N.Jahrb.Min.etc., Beil.Bd.53, Abt. A, S.271-322, 8 Taf., Stuttgart
1926.
- WURZER, F.: Die Heilquelle zu Schwalheim, im Fürstenthum Hanau. 48 S.,
Leipzig (J.A. Barth), 1821.
- ZEDLITZ, L.von: Balneographisches statistisch-historisches Hand- und Wör-
terbuch
oder die Heilquellen und Gesundbrunnen Deutschlands, der Schweiz,
Ungarns, Croatiens, Slavoniens und Siebenbürgens, Frankreichs, der
Niederlande und die Seebäder an den Küsten der Nord- und Ostsee;
ihre Lage,... und neuesten Analysen.
556 S., Leipzig (Gebr.Reichenbach) 1834.
- ZÜCKERT, J.F.: Systematische Beschreibung aller Gesundbrunnen und Bäder
Deutschlands.-
333 S., Berlin u.Leipzig (Rüdigersche Buchhandl.) 1768.
- ZWIERLEIN, K.A.: Allgemeine Brunnenschrift für Brunnengaeste und Aerzte.
293 S., Leipzig (Baumgaertnersche Buchhandl.) 1815 (2.Aufl.).

- Bad Nauheim, seine Kurmittel und Indikationen. Verf.v.d.Vereinigung der
Bad Nauheimer Ärzte.
zahlr.Auflagen, 1904 (3.Aufl.)-1955 (15. Aufl.)
- Bad Nauheim. Kurmittel und Indikationen, Geschichte - Kultur - Naturge-
schichte.
Balneolog.Monographie, herausgeg.v.Inst.f.physikal.Medizin u.Balneo-
logie der Justus Liebig-Univ. Gießen in B.Nauheim
H. 1, 62 S., Abb., Tab., Bad Nauheim (17. Aufl.) 1963.
- Bad Salzhausen in der Wetterau, Soolbad u.Luftkurort.
(Hrsg.Kurhaus Eünike) 23 A., Abb., Frankfurt a.M. (Schirmer u.Mehlau)
o.J. (vor 1920).
- Begriffsbestimmungen für Kurorte, Erholungsorte und Heilbrunnen.
Herausge. v. Deutschen Bäderverband u.v. Deutschen Fremdenverkehrsver-
band.
30 S., Bonn/Frankfurt 1968.
- Das kohlen säurehaltige Soolbad Nauheim.
(hrsg.v.Kur-u.Verschönerungsverein zu Bad Nauheim)
39 S., 1 Abb., Frankfurt a.M.(Bambach u.Heil) 1872.
- Der Ludwigsbrunnen bei Grosskarben.
15 S., (Prospekt d.Fa.Laurenze u.Co., Grosskarben) Frankfurt (Gebr.
Knauer) o.J. (ca. 1898).
- Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung.-
Hrsg.v.Fachgr.Wasserchemie i.d.Ges.Deutscher Chemiker.
Weinheim, Bergstr. (Verl.Chemie GmbH) 1960 (3.Aufl.).
- Deutsches Bäderbuch
104 + 535 S., 13 Taf., 2 Ktn., Leipzig (J.J.Weber) 1907.
- Die vorzüglichsten Heilquellen in Europa.
168 S., Berlin (A.W.Hayn) 1842.
- Einführung eines neuen eisenfreien Mineralwassers des Ludwigsbrunnens in
der Wetterau.-
Journ.d.pract.Heilkunde (hrsg.v.Hufeland), 82.Bd., (Neues Journ.d.
prakt.Arzneikunst und Wundarztneikunst 75. Bd.,) 4.St., S.112-115,
Berlin 1836.
- Fremdenführer für Bad Nauheim.
(hrsg.v.Verkehrs-Kommision) 82 S., Abb., Bad Nauheim (L.Wagner) 1911.
- Führer von Bad Nauheim.
(hrsg.v.Verkehrskommission) 84 S., Abb., Bad Nauheim (L.Wagner) 1913.
- Führer von Bad Nauheim.
42 S., Bad Nauheim (L.Wagner) 1920.

Nachrichten von dem Ludwigsbrunner Mineral-Wasser, dessen Bestandtheilen und Heilkräften, so wie von der Lage des Ludwigsbrunnens bei Burggräfenrode im Grossherzogthum Hessen.
13 S., Frankfurt a.M. (C.Naumann) o.J. /ca. 1836_7.

Reichs-Bäder-Adressbuch.

Berlin (Reichs-Bäder-Adressbuch-Verl.) 1.Ausg. 1925 - 6. Ausg. 1931 (1032 S.).

Systematische Beschreibung aller Gesundbrunnen und Bäder der bekannten Länder vorzüglich Deutschlands, sowohl nach ihrer physisch-chemischen Beschaffenheit als auch ihrem medicinischen Gebrauch.

1. Bd., "Gesundbrunnen Deutschlands", 916 S., Jena u. Leipzig (Ch.E. Gabler) 1801.

Von dem Gehalt und Eigenschaften der gemeinen Wasser - welcher in einem Anhang beygefüget eine gleichmäßige Untersuchung und Beurteilung des Fachinger, Schwalbacher, Selzer, Wisbader, Schlangenbader und Carber Wassers.

Frankfurt a.M. 1748 (zit.in HERRMANN,F.H. 1955).

Tab. 15 Mineralwasser-Vollanalysen 1)

Lfd. Nr.	Entnahmestelle	R 34+ H 55+	Na+ mg mval% mval	K+ mg mval% mval	NH ₄ + mg mval% mval	Ca ²⁺ mg mval% mval	Mg ²⁺ mg mval% mval	Fe ²⁺ mg mval% mval	Mn ²⁺ mg mval% mval	Cl ⁻ mg mval% mval	HCO ₃ ⁻ mg mval% mval	NO ₃ ⁻ mg mval% mval	NO ₂ ⁻ mg mval% mval	SO ₄ ²⁻ mg mval% mval	H ₂ SiO ₃ mg mmol	feste ge- löste Best. mg	CO ₂ ge- löst. mg	pH	Temp. °C	Datum d. Entnahme	Instit. 10)	weitere bestimmte Elemente
MV 1	Trais-Münzenberg Flachbohrung	8543 9304	352,0 15,31 48,99	1,12 0,10 0,03	-	198,60 9,91 31,71	72,96 6,00 19,20	-	-	660,3 18,62 59,07	740,54 12,14 38,52	0,0 0,0 0,0	-	36,63 0,76 2,41	-	2062,15	-	-	-	11. 6.1969	1	
MV 2	Münzenberg Mineralq. Junkermühle	8378 9187	3500,69 152,26 79,37	97,00 2,48 1,29	-	483,68 24,14 12,58	154,68 12,72 6,63	6,82 0,24 0,13	-	6344,64 178,94 94,16	647,21 10,61 5,58	9,63 0,16 0,08	-	16,67 0,35 0,18	-	11261,02	536	6,40	10,6	11. 6.1969	1	
MV 3	Eberstadt Flachbohrung	8326 9231	4318,46 187,83 80,13	75,00 1,92 0,82	-	624,50 31,16 13,29	164,15 13,50 5,76	-	-	7650,88 215,78 91,79	1173,64 19,24 8,18	0,0 0,0 0,0	-	3,91 0,08 0,03	-	14010,54	-	6,80	-	11. 6.1969	1	
MV 4	Ober Hörger gefaßte Mineralquelle	8320 9215	2600 113,07 80,21	68 1,74 1,23	-	365 18,22 12,93	96,5 7,94 5,63	-	-	4548 128,26 91,56	704 11,53 8,23	-	-	13,9 0,29 0,21	-	8395,4	406 ⁸⁾	6,2	10,8	21. 2.1967	1	
MV 5	Griedel Tiefbrunnen II ⁹⁾	7890 8985	(377,7) (16,43) ²⁾ (63,24)	-	0,0 0,0 0,0	127,9 6,38 24,56	37,8 3,11 11,97	0,16 0,06 0,23	0,0 0,0 0,0	644,0 18,16 69,90	390,5 6,40 24,63	7,4 0,12 0,47	vorh.	62,3 1,30 5,00	9,6	1752 ³⁾	31,2	-	-	22. 3.1947	2	
MV 6	Rockenberg Tiefbohrung Maiwiese ⁹⁾	8196 8814	-	-	0,0 0,0 0,0	14,03 ¹⁾	-	0,71 0,03	-	800 22,57	427 7,0	-	-	-	-	-	> 154	6,95	-	5. 5.1952	2	
MV 7	Rockenberg Flachbg., 1 m tief	8064 8876	965,62 42,00 64,36	12,35 0,32 0,49	-	329,13 16,42 25,16	79,28 6,52 9,99	-	-	2023,98 57,08 87,89	467,26 7,66 11,79	0,0 0,0 0,0	-	10,29 0,21 0,32	-	3887,91	-	7,00	-	11. 6.1969	1	
MV 8	Oppershofen ⁹⁾ Neubohrung	8111 8683	-	-	-	7,54 ⁵⁾	-	-	-	672,0 18,95	451,5 7,40	-	-	-	-	-	60,5	6,88	-	27. 5.1958	2	
MV 9	Steinfurth Flachbohrung (1 m S Bg. 195, Tab. 18)	8154 8550	1045,0 45,43 70,79	0 0 0	-	258,0 12,87 20,05	71,5 5,88 9,16	0 0 0	-	1801,3 50,80 76,93	916,2 15,02 22,75	-	-	10,1 0,21 0,32	-	4102,1	-	6,8	-	5. 7.1968	1	
MV 10	Steinfurth Flachbohrung (1 m S Bg. 201, Tab. 18)	8203 8463	909,0 39,52 49,44	357,0 9,13 11,42	-	444,7 22,18 27,75	110,7 9,10 11,39	0 0 0	-	2168,3 61,15 78,05	839,4 13,76 17,56	-	-	165,3 3,44 4,39	-	4994,4	-	6,9	-	5. 7.1968	1	
MV 11	Steinfurth Flachbohrung	8269 8331	373,5 16,23 55,19	18,5 0,47 1,60	-	193,9 9,67 32,88	37,0 3,04 10,33	0 0 0	-	593,4 16,74 54,83	799,1 13,10 42,91	-	-	33,1 0,69 2,26	-	2048,5	-	-	-	5. 7.1968	1	
MV 12	Steinfurth Steinfurther Säuerling	8276 8330	584,0 25,39 64,64	22,5 0,58 1,48	-	193,9 9,67 24,62	44,3 3,64 9,26	0 0 0	-	819,4 23,11 59,42	939,4 15,40 39,60	4,6 0,08 0,21	-	14,4 0,30 0,77	-	2622,5	1755	5,85	10,7	4. 7.1968	1	
MV 13	Steinfurth Flachbohrung	8268 8315	4873,7 211,90 83,66	80,0 2,05 0,81	-	559,9 27,94 11,03	138,6 11,40 4,50	0 0 0	-	7982,3 225,13 88,93	1670,2 27,38 10,82	0 0 0	-	30,3 0,63 0,25	-	15335	-	-	-	4. 7.1968	1	
MV 14	Nieder-Mörten Selzbrunnen	8282 8257	3114,7 135,42 81,02	286,0 7,32 4,38	-	352,6 17,59 10,52	78,1 6,42 3,84	11,1 0,40 0,24	-	5185,0 146,23 90,24	913,2 14,97 9,24	20,0 0,32 0,20	-	24,9 0,52 0,32	-	9986	2024	5,75	13,9	3. 7.1968	1	
MV 15	Rödgen Säuerling	8322 8123	320,2 13,92 50,54	17,5 0,45 1,63	-	183,2 9,14 33,19	47,4 3,90 14,16	3,5 0,13 0,48	-	483,2 13,63 50,04	739,3 12,12 44,49	-	-	71,6 1,49 5,47	-	1866	1004	6,2	11,5	3. 7.1968	1	
MV 16	Schwalheim Bohrbr., Löwenquelle	8420 7581	746,1 32,444 59,30	47,54 1,216 2,22	-	273,4 13,643 24,94	86,15 7,085 12,95	8,57 0,3069 0,56	0,5 0,0182 0,03	1220 34,4084 62,90	1146,8 18,793 34,36	-	-	72,14 1,502 2,74	21,7 0,2779	3623	2948	5,81	10,65	1955	3	
MV 17	Schwalheim Schwalh. Säuerling	8421 7982	443,8 19,298 55,29	34,22 0,8753 2,51	-	186,4 9,3014 26,65	63,86 5,2517 15,05	4,3 0,1540 0,44	0,6 0,0218 0,06	705,0 19,884 57,00	857,1 14,047 40,26	-	-	45,93 0,9563 2,74	23,14 0,2963	2364	2332	5,72	10,1	1956	3	
MV 18	Dorheim Germaniabrunnen	8447 7978	490,5 21,3348 54,59	28,53 0,7297 1,87	0,6294 0,0349 0,09	215,4 10,7477 27,50	71,73 5,8987 15,09	4,745 0,1699 0,43	0,5395 0,0196 0,05	824,2 23,2444 59,32	899,1 14,7348 37,60	2,198 0,0354 0,09	0,01	56,28 1,1718 2,99	22,22 0,2844	2618	2132	5,68	11,4	14.12.1967	3	Li, Sr
MV 19	Dorheim Steinquelle	8446 7979	165,2 7,1835 42,19	14,2 0,3632 2,13	-	127,9 6,382 37,49	37,1 3,051 17,92	1,19 0,0426 0,25	0,1 0,0036 0,02	260,0 7,333 43,16	530,7 8,698 51,2	13,0 0,2096 1,23	-	36,0 0,7495 4,41	23,7 0,3035	1209,09	1400,0	5,86	10,5	2. 3.1957	3	
MV 20	Dorheim Fortunaquelle	8446 7979	103,3 4,4919 35,62	9,9 0,2532 2,01	0,4 0,0222 0,17	107,9 5,384 42,69	29,69 2,4416 19,36	0,5 0,0179 0,14	0,05 0,0018 0,01	154,4 4,3546 34,60	451,4 7,398 58,79	16,12 0,260 2,06	-	27,47 0,5719 4,55	25,6 0,3278	926,73	880,0	6,02	11,2	13.10.1956	3	
MV 21	Ossenheim Flachbohrung	8497 7631	306,6 13,33 88,28	9,1 0,23 1,52	-	22,9 1,14 7,55	4,9 0,40 2,65	0 0 0	-	71,0 2,00 12,79	772,9 12,67 81,01	0 0 0	-	46,5 0,97 6,20	-	1233,9	-	7,4	-	3. 7.1968	1	
MV 22	Fauerbach v.d.H. Mineralquelle	7474 8494	763,00 33,19 78,02	22,0 0,56 1,32	-	112,51 5,61 13,19	38,67 3,18 7,47	-	-	1277,54 36,03 85,04	366,00 6,00 14,16	0,55 0,01 0,02	-	15,85 0,33 0,78	-	2596,12	70	7,05	10,5	10. 6.1969	1	
MV 23	Bad Nauheim Sprudel XII	8185 8130	10416 453,0 82,97	345,0 8,823 1,62	19,49 1,080 0,20	1412 70,46 12,90	126,9 10,44 1,91	15,11 0,5411 0,10	1,92 0,0699 0,01	18124 511,2 93,63	2059 33,74 6,18	-	-	44,38 0,9240 0,17	31,07 0,3978	32669	1126	6,19	33,0	26. 7.1956	4	s. Tab. 15
MV 24	Bad Nauheim Sprudel XIV	8187 8131	9020 392,3 82,15	311,8 7,974 1,67	12,99 0,7201 0,15	1303 65,02 13,61	114,2 9,392 1,97	13,88 0,4970 0,10	1,97 0,0717 0,01	15729 443,6 92,89	2010 32,94 6,90	-	-	40,98 0,8532 0,18	28,06 0,3593	28659	1168	6,17	31,12	27. 7.1956	4	wie Nr. 23
MV 25	Bad Nauheim Sprudel VII	8184 8130	8268 359,6 81,81	288,3 7,373 1,68	16,24 0,9002 0,21	1231 61,43 13,97	101,5 8,347 1,90	12,95 0,4637 0,11	1,81 0,0659 0,01	14407 406,3 92,44	1974 32,35 7,36	-	-	38,11 0,7934 0,18	25,12 0,3216	26424	1239	6,14	30,05	2. 8.1956	4	wie Nr. 23
MV 26	Bad Nauheim Kurbunnen	8168 8088	5393 234,51 81,52	190,6 4,8752 1,69	11,06 0,6131 0,21	813,2 40,578 14,11	78,5 6,4557 2,24	9,87 0,3535 0,12	1,236 0,045 0,02	9370 264,26 91,86	1390,4 22,787 7,92	-	-	30,1 0,6267 0,22	20,34 0,2605	17320	1498	5,95	20,1	15. 4.1955	3	Sr
MV 27	Bad Nauheim Tiefbohrung 103 ⁹⁾	8262 8030	(4139) (180,02) ²⁾ (97,16)	-	0 0 0	83,6 4,17 2,25	13,4 1,10 0,59	-	-	6180 174,32 94,08	323 5,29 2,86	60 0,52 0,97	0 0 0	226 4,71 2,54	-	(11024)	-	-	-	18. 4.1969	5	
MV 28	Bad Nauheim Siedehausquelle	8170 8071	3344 145,41 80,15	131,4 3,361 1,85	6,26 0,347 0,19	547,2 27,305 15,05	55,6 4,572 2,52	5,66 0,2027 0,11	1,241 0,0452 0,02	5784 163,13 89,95	1072,1 17,57 9,69	-	-	31,7 0,66 0,36	18,79 0,2406	11007	1999	5,79	15,6	5.11.1955	3	Sr
MV 29	Bad Nauheim Karlsbrunnen	8160 8082	3314,5 144,12 80,40	129,65 3,316 1,85	6,63 0,3675 0,20	534,5 26,672 14,88	52,95 4,3545 2,43	3,79 0,1357 0,08	1,09 0,0397 0,02	5717 161,24 89,99	1052,3 17,2456 9,63	-	-	32,92 0,6854 0,38	18,17 0,2327	10874	1870	5,87	19,05	10. 8.1956	3	Sr
MV 30	Bad Nauheim Tiefbohrung 27 128 m tief	8256 8026	(1705) (74,16) ²⁾ (80,03)	25 1,39 1,50	-	270,2 13,48 14,54	44,2 3,64 3,93	-	-	2640 74,46 80,35	518,6 8,50 9,17	32 0,56 0,52	2,2 0,06 0,05	439 9,14 9,86	-	5676	-	-	-	11. 4.1969	5	
MV 31	Bad Nauheim Gasquelle	8173 8125	926,0 40,266 67,49	37,8 0,9669 1,62	2,4 0,1330 0,22	325,0 16,217 27,18	23,1 1,8997 3,19	2,5 0,0895 0,15	0,6 0,0218 0,04	1513,0 42,672 71,53	989,7 16,22 27,19	-	-	36,8 0,7662 1,28	17,3 0,2216	3877,2	572,0	6,5	20,5	2. 5.1957	3	Sr
MV 32	Bad Nauheim Ludwigsbrunnen	8187 8031	237,66 10,334 46,54	13,46 0,3443 1,55	0,81 0,0449 0,21	147,76 7,373 33,20	47,45 3,902 17,57	4,17 0,1495 0,67	0,28 0,0102 0,04	420,46 11,859 53,48	610,67 10,01 45,14	-	-	14,72 0,3064 1,38	14,94 0,1913	1514	1894	5,73	18,6	22.11.1954	3	Sr Zn

Lfd. Nr.	Entnahmestelle	R 34+ H 55+	Na+ mg mval% mval	K+ mg mval% mval	NH ₄ ⁺ mg mval% mval	Ca ²⁺ mg mval% mval	Mg ²⁺ mg mval% mval	Fe ²⁺ mg mval% mval	Mn ²⁺ mg mval% mval	Cl ⁻ mg mval% mval	HCO ₃ ⁻ mg mval% mval	NO ₃ ⁻ mg mval% mval	NO ₂ ⁻ mg mval% mval	SO ₄ ²⁻ mg mval% mval	H ₂ SiO ₃ mg mmol	feste ge- löste Best. mg	CO ₂ gel. mg	pH	Temp. °C	Datum der Entnahme	Insti- tut	weitere bestimmte Elemente													
MV 33	Friedberg Bohrbr., 10 tief	8289 7911	-	-	vorh.	318,2 63,00	15,878 36,98	113,3 9,321	0,18 0,02	0,006 0,0	0,0	0,0	332,0 9,365	590,75 22,30	5,500 3,93	60,00 0,968	-	423,9 35,79	8,826	-	2278 3)	42,9	7,50	-	2. 4.1963	2									
MV 34	wie 33	8289 7911	79,2 17,13	3,44 0,35	2,82 0,07	-	222,22 55,23	11,09 27,29	66,64 5,48	-	-	154,67 21,40	4,36 7,17	549,00 44,18	9,00 1,46	90,82 3,93	-	266,72 27,25	5,55	-	1432,09	42	7,60	9,6	10. 6.1969	1									
MV 35	Friedberg Tiefbohrung Zuckerfabr. 150 m tief	8366 7749	652 77,5	28,35 0,97	38 2,6	-	117,4 16,0	5,86 3,9	17,3 1,42	-	-	753,5 56,3	21,25 0,3	963,8 41,8	15,80 0,10	5,9 0,3	-	29,9 1,6	0,62	-	1678	1694	-	-	3. 8.1967	1									
MV 36	Nieder-Rosbach Quelle I	7987 7457	16,8 8,20	0,7308 0,44	1,52 0,0389	0,11 0,07	0,0061	106,0 59,35	5,289 31,56	34,2 2,813	0,75 0,30	0,0269	0,20 0,08	0,0073	28,9 9,14	0,8152 85,33	4,64 7,61	4,01 0,0646	0,72	-	20,6 4,81	0,4289 14,6	14,6 0,187	692,0	306	6,4	11,5	26. 7.1968	4						
MV 37	Nieder-Rosbach Quelle II, Rosbacher Säuerling	7987 7457	71,3 18,73	3,101 0,50	3,25 0,0831	0,21 0,07	0,0116	151,5 45,67	7,560 34,44	69,3 5,701	2,06 0,45	0,0738	0,63 0,14	0,0229	114,7 18,58	3,235 78,72	793,8 13,01	0,63 0,0102	0,06	-	13,0 1,64	0,2707 15,4	15,4 0,197	1235	1240	6,2	13,0	26. 7.1968	4						
MV 38	Nieder-Rosbach 6) Mineralquelle Harbmühle	7987 7457	230,5 44,72	10,03	-	-	187,7 41,77	9,37 13,29	32,2 2,98	1,5 0,22	0,05	-	-	355,4 49,17	10,02	470,6 37,83	7,71	-	-	127,9 13,00	2,65 0,304	23,7	0,304	1433	878	-	13,1	1858	6						
MV 39	Burgholzhausen Säuerling	7672 6891	8,11 5,07	0,35	1,82 0,72	0,05	-	98,90 71,60	4,94 19,13	16,05 1,32	6,64 3,48	0,24	-	17,83 7,81	0,50	292,80 75,00	4,80	0,0	0,0	-	52,68 17,19	1,10	-	494,8	1640	5,65	10,8	11. 6.1969	1						
MV 40	Trais-Horloff 6) Säuerling	9356 8997	154,0 35,43	6,70	-	-	100,75 26,60	5,03	87,28 37,97	7,18	Sp.	-	-	374,5 64,23	10,56	344,23 34,31	5,64	-	-	11,45 1,46	0,24	20,31 0,260	1093	1101	-	10,5	1858	6							
MV 41	Trais-Horloff ehemaliger Säuerling	9356 8997	19,90 10,98	0,87	3,76 1,26	0,10	-	110,51 69,58	5,51	17,51 18,18	1,44	vorh.	-	2787 9,58	0,79	429,44 85,32	7,04	17,89 3,52	0,29	-	6,38 1,58	0,13	-	633	-	6,70	10,4	10. 6.1969	1						
MV 42	Trais Horloff 6) Grube Friedrich, Bg. II	~9300 ~9040	1313,80 45,80	57,15	109,39 2,25	2,80	2,38 0,10	0,13	684,11 27,36	34,13	369,33 24,35	30,38	4,72 0,14	0,17	-	2698 62,60	76,10	2425,42 32,70	39,75	0,0	0,0	-	274,08 4,70	5,71	213,2 2,735	8098 (91243)	-	-	-	-					
MV 43	Trais-Horloff 6) Mineralq.i.Tagebau	~9299 9043	(2052) (58,71)	(89,26)	2)	-	-	292 9,58	14,57	586 31,71	48,21	-	-	3130 70,73	88,29	1661 21,81	27,22	-	-	447 7,46	9,31	-	-	8168	-	-	-	ohne	7						
MV 44	Grund-Schwalheim "Römerbrunnen"	9319 8595	700,0 31,63	30,45	40,0 1,06	1,023	0,4 0,02	0,0222	458,2 23,75	22,86	500,1 42,73	41,13	19,8 0,74	0,7090	1,75 0,07	0,0637	1244 36,44	35,08	3590 61,12	58,83	7,6 0,13	0,1226	-	106,8 2,31	2,223	119,6	1,531	6788	2307	6,2	14,4	18. 9.1959	4		
MV 45	Berstadt Kreuzquelle 9)	9248 8670	646,00 28,07	28,10	165,0 4,22	4,22	0 0	0	666,00 33,20	33,23	416,00 34,19	34,22	8,50 0,30	0,30	0,62 0,02	0,02	1716,00 52,35	48,40	2605 46,16	42,69	0,66 0,01	0,01	0	0	66,00 1,48	1,37	7,00	0,09	9297	3018	-	-	10. 7.1953	2	
MV 46	Echzell ehemaliger Säuerling 6)	9237 8399	699,70 53,50	30,44	101,06 4,54	2,58	-	217,78 19,10	10,87	153,28 22,16	12,61	11,04 0,70	0,40	-	150,4 17,57	42,42	582,56 78,07	9,55	-	-	113,93 4,36	2,37	74,47 0,95	3458	720	-	-	1858	8						
MV 47	Bingenheim Bohrbr., 65 m tief 9)	9270 8254	(26,7) (8,47)	(1,16)	2)	-	0,0 0,0	0,0	103,63 37,74	5,17	89,5 53,72	7,36	0,29 0,07	0,01	0,0	0,0	28,4 5,84	0,80	750,51 89,78	12,3	25,0 2,92	0,40	Sp.	9,7 1,46	0,20	37,0	0,474	1070	330	6,50	-	19. 7.1955	2		
MV 48	Staden Säuerling	9350 7752	464,0 50,96	20,18	16,3 1,06	0,42	-	226,63 28,56	11,31	92,90 19,29	7,64	1,30 0,13	0,05	-	825,38 59,62	23,28	889,38 37,33	14,58	0	0	57,21 3,05	1,19	-	2573	2300	6,15	11,0	11. 6.1969	1						
MV 49	Staden Bohrung, 14 m tief 9)	9474 7770	(463) (52,90)	(20,14)	2)	-	3,0 0,45	0,17	191,5 25,11	9,56	99,7 21,54	8,20	-	-	1136 84,15	32,04	366 15,76	6,00	2,0 0,08	0,03	0,2 0,01	0,004	Sp.	-	31583)	>88	7,4	-	7.10.1969	5					
MV 50	Bönstadt Flachbohrung	8825 7321	260,6 56,48	11,33	9,44 1,20	0,24	-	128,93 32,05	6,43	25,05 10,27	2,06	-	-	231,82 31,44	6,54	710,65 56,01	11,65	0,0	0,0	-	125,54 12,55	2,61	-	1492	-	7,40	-	11. 6.1969	1						
MV 51	Groß-Karben "Selzerbrunnen"	8267 6697	506,2 40,50	22,01	39,57 1,86	1,012	1,80 0,18	0,0998	499,7 45,88	24,94	74,38 11,25	6,117	4,27 0,28	0,1529	0,80 0,05	0,0293	737,2 38,25	20,79	1997 60,20	32,73	-	-	40,38 1,55	0,8407	19,36	0,2480	3920	1836	6,1	13,5	21. 8.1953	4	8)		
MV 52	Groß-Karben Brunnen 3	8757 6694	400,00 37,96	17,3940	40,00 2,24	1,0231	1,00 0,12	0,0554	436,00 47,49	21,7560	65,20 11,66	5,3454	4,16 0,49	0,2235	0,50 0,04	0,0182	636,00 39,15	17,9380	1586,47 56,74	26,00	0,0	0,0	-	90,50 4,11	1,8842	28,0	0,358	3287,83	1859,10	6,03	13,0	21. 6.1966	2		
MV 53	Groß-Karben Brunnen 4	8270 6698	443 36,42	19,27	33,3 1,61	0,85	0,0 0,0	0,0	352,2 33,21	17,57	180,7 28,10	14,87	2,9 0,19	0,10	7,0 0,47	0,25	491 30,20	13,85	1897,6 67,82	31,1	0,0	0,0	0,0	43,7 1,98	0,91	35,1	0,449	3487	-	6,37	-	21. 9.1940	2		
MV 54	Kloppenheim Taunusbrunnen	82 5566	624,9 41,97	27,11	39,64 1,57	1,012	1,784 0,15	0,0987	580,0 44,78	28,93	86,88 11,04	7,133	7,963 0,44	0,2849	1,118 0,06	0,0407	1040 45,35	29,34	2110 34,59	34,59	0,543 0,02	0,0088	-	36,22 1,17	0,754	20,97	0,2674	4553	2417	-	13,1	1873	4		
MV 55	Groß-Karben "Ludwigsbrunnen"	8405 6811	829,8 42,52	36,08	46,98 1,42	1,2017	3,6 0,24	0,1996	625,7 36,79	31,22	195,7 18,97	16,09	1,18 0,05	0,0421	0,35 0,01	0,0127	1382,7 45,93	38,97	2701 52,17	44,27	-	-	77,40 1,90	1,611	22,28	0,2854	5886	2038	6,1	12,0	21. 8.1953	4	8)		
MV 56	Groß-Karben Kappes-Quelle	8394 6810	677,9 37,09	29,41	351,4 11,32	8,976	3,601 0,25	0,1993	594,4 37,39	29,65	134,2 13,90	11,02	1,158 0,05	0,0414	-	-	1413 50,26	39,85	2329 48,15	38,18	-	-	60,58 1,59	1,261	24,40	0,3111	5590	1014	-	9,0	1900	7	Sr, Ba, Li Br, J P		
MV 57	Rendel Bohrbrunnen Scharmühle 9)	8468 6306	(280) (86,48)	(12,42)	2)	-	vorh.	-	19,3 6,69	0,96	11,9 6,83	0,98	Sp.	-	-	-	52,2 10,23	1,47	696,0 79,39	11,40	0,0	0,0	0,0	0,0	71,5 10,38	1,49	-	11253)	123	6,1	12,5	19. 1.1956	7		
MV 58	Nieder-Erlenbach Tiefbr., 56 m tief	7955 6239	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51,6 1,46	-	530,8 8,7	-	-	-	-	-	-	-	9843)	108,9	-	-	25. 5.1967	2						
MV 59	Bad Vilbel Friedrich-Karl-Sprudel	8224 6170	694,4 42,84	30,20	62,2 2,25	1,590	3,89 0,31	0,2156	527,3 37,31	26,31	138,7 16,18	11,41	11,80 0,60	0,4226	0,55 0,028	0,0200	553,1 22,13	15,60	3293 76,55	53,97	-	-	41,5 1,23	0,8640	20,3	0,260	5363	2126	6,3	11,3	11. 3.1966	4	a.Tab. 15		
MV 60	Bad Vilbel Hassia-Sprudel	8168 6087	464,8 42,12	20,210	34,2 1,82	0,875	2,3 0,271	0,130	385,0 40,07	19,226	83,0 14,23	6,826	13,4 1,00	0,480	0,32 0,0025	0,012	391,0 22,99	11,03	2208,6 75,44	36,2	-	-	35,8 0,373	12,6	0,162	3633,51	3152,00	6,3	10,8	8.12.1938	2	Al, Br J As			
MV 61	Massenheim Mineralquelle	8002 6198	149,80 27,12	6,52	14,25 1,50	0,36	-	-	292,29 60,69	14,59	30,16 10,32	2,48	2,59 0,37	0,09	-	-	198,09 22,88	5,59	1082,14 72,62	17,74	0,0	0,0	-	52,89 4,50	1,10	-	1823	768	6,60	10,7	11. 6.1969	1			
MV 62	Bad Salzhausen Solquelle III	9886 8648	5326 80,55	231,6	158,1 1,41	4,044	1,6 0,03	0,0887	589,9 10,23	29,43	269,1 7,70	22,13	6,57 0,08	0,235	0,20 0,00	0,0075	9188 90,11	259,1	829,1 4,72	13,59	-	-	713,7 5,17	14,86	35,54	0,4552	17118	569	6,3	14,1	25. 9.1952	4			
MV 63	Bad Salzhausen Solquelle I	9893 8649	4039 78,71	175,61	124,2 1,42	3,177	1,0 0,02	0,055	502,7 11,24	25,08	232,7 8,57	19,13	2,73 0,04	0,0977	0,14 0,00	0,0051	7044 89,03	198,66	753,0 5,53	12,34	2,5 0,02	0,040	0,1 0,00	0,002	581,7 5,42	12,11	39,06	0,5002	13323	279	6,5	13,6	24. 9.1952	4	
MV 64	Bad Salzhausen Sole-Neubohrung	9912 8650	3670 77,65	159,67	93,40 1,16	2,38900	1,470 0,03	0,00814	472,2 11,46	23,56	233,0 9,31	19,15	8,320 0,14	0,2979	0,154 0,00	0,00560	6460 88,53	182,20	738,0 5,90	12,10	-	-	-	548,2 5,56	11,413	14,020	0,1795	12249,4	376,00	6,51	13,20	13. 1.1966	3	a.Tab. 15	

Lfd. Nr.	Entnahmestelle	R 34+ H 55+	Na+ mg mval% mval	K+ mg mval% mval	NH4+ mg mval% mval	Ca2+ mg mval% mval	Mg2+ mg mval% mval	Fe2+ mg mval% mval	Mn2+ mg mval% mval	Cl- mg mval% mval	HCO3- mg mval% mval	NO3- mg mval% mval	NO2- mg mval% mval	SO42- mg mval% mval	H2SiO3 mg mmol	festе ge- löste Best. mg	CO2 gel. mg	pH	Temp. °C	Datum d. Entnahme	Insti- tut 10)	weitere bestimmte Elemente	
MV 65	Bad Salzhausen Solquelle V	9891 8647	3716 161,59 79,27	105,3 2,6934 1,32	-	427,7 21,343 10,47	219,0 18,01 8,83	5,6 0,2006 0,10	0,25 0,0091 0,01	6457 182,1 89,33	683,0 11,19 5,49	-	-	507,0 10,556 5,18	14,4 0,1844	12135	209	6,5	-	1957	3		
MV 66	Bad Salzhausen Solquelle VI	9900 8648	3341 145,28 79,01	89,04 2,2775 1,24	1,31 0,0726 0,04	396,3 19,775 10,75	198,7 16,341 8,89	3,09 0,1106 0,06	0,28 0,0103 0,01	5768 162,68 88,48	622,2 10,197 5,55	-	-	527,5 10,983 5,97	11,96 0,1532	10959	167,2	6,6	11,6	13. 2.1958	3		
MV 68	Bad Salzhausen Schwefelquelle	9908 8658	2771 120,5 75,42	69,34 1,774 1,11	2,00 0,1109 0,07	410,9 20,51 12,84	202,8 16,68 10,44	4,99 0,1787 0,11	0,29 0,0107 0,01	4973 140,3 87,82	623,6 10,22 6,40	-	-	443,2 9,227 5,78	16,13 0,2066	9517	202	6,7	11,6	24. 9.1952	4		
MV 69	Bad Salzhausen Lithiumquelle	9878 8642	2562 111,442 80,32	168,7 4,315 3,11	1,1 0,061 0,04	266 13,277 9,56	105,1 8,643 6,22	4,4 0,158 0,11	Sp.	4345 122,53 88,34	537,1 8,801 6,35	-	-	353,2 7,354 5,30	13,0 0,166	8365,2	426	-	16,5	1931	3	Li,Br,Al	
MV 70	Bad Salzhausen Stahlquelle	9918 8678	326,0 14,176 65,92	12,4 0,3172 1,48	1,35 0,0748 0,35	80,1 3,997 18,58	32,1 2,6399 12,27	8,35 0,2991 1,39	0,08 0,0029 0,01	540,9 15,255 70,94	359,9 5,898 27,43	-	-	16,8 0,3498 1,63	13,45 0,1723	1391,43	71,5	6,92	11,3	27. 3.1957	3		
MV 71	Kohden Tiefbg. I, 302 m tief ⁹⁾	0160 8850	-	-	vorh.	29,71 ⁵⁾	-	-	-	3500 98,72	397 6,50	2,0 0,05	0,0 0,0	-	-	-	88,0	7,10	17,2	6. 8.1963	2		
MV 72	Wallernhausen Tiefbg. Orbes I, 9) 202 m tief	9863 8465	-	-	0,0 0,0	7,68 ⁵⁾	-	-	-	1780 50,20	275 4,50	1,0 0,02	0,0 0,0	-	-	-	8,29	-	12,5	6. 8.1963	2		
MV 73	Nidda, Stehfelder Sumpf 1, Tiefbohrung	9902 8390	-	-	-	-	-	-	-	2510 70,80	-	-	-	-	-	4942 ⁴⁾	-	6,80	-	30. 9.1968	9		
MV 74	Nidda, Stehfelder Sumpf 3, Tiefbohrung	9888 8387	-	-	-	75,36 ⁵⁾	-	-	-	4810 135,67	720,0 11,80	-	-	-	-	11642 ³⁾	-	-	-	13. 9.1968	9		
MV 75	Wallernhausen Tiefbohrung	9888 8268	-	-	vorh.	1,5 ⁵⁾	-	-	-	206 5,81	176,9 2,9	8,0 0,13	vorh.	-	-	-	-	-	11,0	-	-	-	
MV 76	Ortenberg Stadtbrunnen-Quelle ⁹⁾	350394 558026	-	-	0,0 0,0	3,57 ⁵⁾	-	0,05 0,02	0,0 0,0	234 6,60	153 2,50	4,0 0,06	0,0 0,0	-	-	-	67,1	6,50	-	27. 4.1967	2		
MV 77	Selters Benediktus-Sprudel	350288 557878	3412 148,4 76,08	237,1 6,065 3,11	1,022 0,0567 0,03	603,7 30,12 15,45	116,6 9,589 4,92	7,424 0,2658 0,14	0,954 0,0347 0,02	5583 157,5 80,76	1421 23,28 11,93	2,532 0,0408 0,02	-	68,31 14,22 7,29	18,95 0,2427	12100	1188	6,18	11,7	5. 4.1948	4	s.Tab. 15	
MV 78	Wippenbach Klosterbrunnen	350226 557917	3320 144,40 74,93	307,0 7,85 4,08	1,2 0,01 0,00	569,0 28,39 14,73	135,2 11,12 5,77	10,1 0,563 0,29	2,2 0,080 0,04	5621 158,55 82,42	1285 21,05 10,94	-	-	612,1 12,77 6,64	-	11868	1113 ⁸⁾	-	(11,5) ⁸⁾	1896	2	Li, Sr, B P, Al	
MV 79	Büdingen Tiefbrunnen	350735 557261	2155 93,71 75,88	42,52 1,088 0,88	-	314,5 15,69 12,71	156,8 12,89 10,44	0,42 0,0150 0,01	2,56 0,0932 0,08	3534 99,672 80,71	819,1 13,42 10,87	48 0,7741 0,63	0,03 0,0007 0,00	462,2 9,622 7,79	24,14 0,3092	7559	467,4	6,4	11,2	11. 8.1954	4		
MV 80	Büdingen Fischhälterquelle	350866 557297	549,0 23,88 52,28	21,2 0,5421 1,19	0,58 0,0321 0,07	262,3 13,09 28,66	89,2 7,338 16,06	18,0 0,6446 1,41	4,17 0,1518 0,33	1018 28,71 62,83	712,7 11,68 25,56	0,86 0,0139 0,03	-	253,8 5,284 11,56	40,1 0,513	2970	215,6	7,2	11,0	18. 5.1966	4	P	
MV 81	Büdingen Kapellenbrunnen ⁹⁾	350862 557297	432,35 18,81	176,31 4,51	vorh.	270,15 13,48	48,07 3,95	5,3 0,19	0,29 0,01	653,0 18,42	469,84 7,70	34,0 0,55	0,0 0,0	87,25 1,82	24,9 0,3075	2029 ³⁾	-	-	-	1.10.1953	2		
MV 82	Büdingen Schwefelquelle	350874 557291	372,10 16,19 56,62	117,56 3,007 10,51	0,0 0,0 0,0	134,01 6,69 23,39	32,99 2,71 9,48	0,02 0,0007 0,00	0,0 0,0 0,0	585,0 16,50 56,10	530,87 8,7 29,59	30,0 0,48 1,63	0,0 0,0 0,0	179,05 3,73 12,68	5,0 0,064	1986,6 ³⁾	-	-	11,0	1.10.1953	2		
MV 83	Büdingen Stahlquelle ⁹⁾	350878 557289	48,19 2,10	43,27 1,11	0,0 0,0	99,93 4,99	31,68 2,61	0,02 0,071	0,0 0,0	338,0 9,53	433,22 7,10	30,0 0,48	0,0 0,0	115,23 2,40	-	1140	-	-	11,6	1.10.1953	2		
MV 84	Büdingen, Quelle am Holzplatz ⁹⁾	350725 557250	61 2,89	2)	vorh.	9,96 ⁵⁾	-	-	-	192,0 5,42	427,1 7,00	20,0 0,43	vorh.	-	-	994 ³⁾	-	6,62	-	15. 3.1966	2		
MV 85	Altenstadt Untersuchungsbohrung	349554 557289	147,27 6,41 93,03	2)	-	3,57 0,18 2,61	3,62 0,30 4,35	-	-	73,7 2,08 25,68	353,90 5,80 71,60	-	-	10,5 0,22 2,72	-	571 ³⁾	-	-	18	1. 4.1949	1		
MV 86	Lißberg Quelle d. Fischzucht	350630 558185	168,0 7,31 68,32	7,45 0,19 1,78	0,11 0,01 0,09	37,04 1,85 17,29	16,24 1,34 12,52	-	-	254,74 7,18 66,67	169,58 2,78 25,81	10,32 0,17 1,58	-	30,87 0,64 5,94	-	694	44	7,1	14,2	10. 6.1970	1		
Außerhalb des Arbeitsgebietes liegende Quellen und Bohrbrunnen																							
MV 87	Bad Salzschlirf Salzschiefer-Sprudel	15540 675,750 84,67	313,00 8,006 1,00	1,35 0,075 0,01	1552,55 77,470 9,70	416,10 34,220 4,30	21,22 0,760 0,01	1,24 0,045 0,00	2331,00 657,600 84,49	2842,60 46,586 5,99	0,54 0,009 0,00	0,0 0,0	0,0 0,0	3560,50 74,120 9,52	11,44 0,146	47652	3785	6,03	14,8	1956	10	s.Tab. 15	
MV 88	Bad Orb Martinusquelle	3823 166,3 66,93	240,9 6,160 2,48	1,6 0,0887 0,03	1166 58,18 23,42	207,5 17,07 6,87	16,9 0,6052 0,24	1,75 0,0637 0,03	6090 171,8 69,13	2056 33,7 13,56	-	-	-	2066 43,01 17,31	20,3 0,259	15690	1776	6,0	12,7	2.12.1966	4	P	
MV 89	Bad Soden b. Salmünster König-Heinrich-Sprudel	21468 933,5 84,08	1216 31,10 2,80	-	2090 104,3 9,40	480,6 39,25 3,56	46,68 1,671 0,15	2,08 0,076 0,01	36128 1019 91,79	2717 44,53 4,01	-	-	-	2240 46,64 4,20	31,55 0,4041	66420	1285	6,20	20,0	29. 6.1950	4		
MV 90	Gelnhausen Sprudel 5	12270 532,40 81,33	802,5 20,50 3,13	-	1483 73,98 11,30	293,6 24,10 3,68	16,3 0,584 0,09	-	-	20670 583,0 89,06	2420 39,66 6,06	-	-	1535 31,95 4,88	21,6 0,2767	39540	1591	-	10,1	1902	11	Al	
MV 91	Bad Homburg Sool-Sprudel	5707 248,2 72,82	263,5 6,739 1,98	8,9 0,4933 0,14	1250 62,38 18,30	270,1 22,21 6,52	20,9 0,7484 0,22	2,0 0,0728 0,02	10956 309,0 90,63	1925 31,54 9,25	-	-	-	19,8 0,4122 0,12	18,7 0,2394	20442	2021	6,1	11,8	12.10.1963	4	P	
MV 92	Bad Soden/Ts Neuer Sprudel	6647 289,0 84,33	300,6 7,689 2,24	14,73 0,8165 0,24	725,3 36,19 10,56	100,7 8,278 2,41	19,02 0,6811 0,22	0,4729 0,0172 0,00	10725 302,5 88,27	2328 38,16 11,13	3,009 0,0485 0,01	-	-	96,73 2,014 0,59	34,61 0,4433	20995	1026	6,4	32,5	15.12.1941	4		
MV 93	Wiesbaden Große Adlerquelle	2687 116,8 82,72	93,9 2,402 1,70	4,88 0,266 0,19	353,7 17,65 12,50	48,35 3,976 2,81	2,75 0,098 0,07	0,43 0,016 0,01	4625 130,4 92,36	575,7 9,434 6,68	-	0,4 0,009 0,01	-	64,5 1,343 0,95	84,00 1,076	8541	243	6,7	64,9	15. 5.1951	4		
MV 94	Nieder-Olm, Tiefbohrung Olm I, ca. 3000 m tief	85928 3736 97,2	1555 40,00 1,00	-	1243 62 1,6	26 2,00 0,1	112 4 0,1	-	-	131190 3700 97,9	1366 22 0,6	-	-	2688 56 1,5	-	232417	-	-	-	21. 3.1958	12		
MV 95	Hähnlein Tiefbohrung Gasspeicher	4781,9 208,0 66,58	422,3 10,8 3,46	-	1312,6 65,5 20,97	308,8 25,4 8,13	75,4 2,7 0,86	-	-	11008 310,5 99,42	105,0 1,721 0,55	-	-	5,9 0,123 0,03	-	18020	333	-	-	8. 1.1964			
MV 96	Dornheim Tiefbohrung	8590 373,6 92,18	450 11,51 2,84	-	203 10,13 2,50	12,2 10,04 2,48	-	-	-	13820 389,8 96,18	909,15 14,90 3,68	-	-	28,5 0,6 0,59	-	24013	-	-	-	-	1		

Fußnote: 1) Gewichtsangaben bezogen auf 1 kg (bei Institut Nr. 3, 4, 10 - s. Fußnote Nr. 6) bzw. 1 l (übrige Institute).
Anzahl der Komastellen jeweils entsprechend der Originalanalyse.
2) Alkalien als Na⁺ aus der Ionenbilanz errechnet.
3) Abdampfdruckstand + HCO₃⁻ 2
4) Abdampfdruckstand
5) Summe der Erdalkalien in mval, aus GH errechnet

6) Heute nicht mehr bestehende Quelle oder Bohrung
7) Qualitativ nachgewiesen: Li, Be, Sr, Ba, B, Al, Ti, Cu, Zn
8) Nachträglich betimmt
9) Originalanalyse rechnerisch ergänzt

10) Ausführendes Institut:
1 - Hess. Landesamt f. Bodenforschung, Wiesbaden
2 - Staatl. Chemisches Untersuchungsamt, Gießen
3 - Chem. Abt. v. Klinik u. Inst. f. Physik. Medizin
u. Balneologie d. J.-Liebig-Universität Gießen, Bad Nauheim
(= Staatliches Quellenforschungsinstitut)
4 - Chemisches Laboratorium Fresenius, Wiesbaden
5 - Baustoff- u. Bodenprüfstelle b. Straßenneubauamt Hessen-Mitte

6 - JOCHHEIM (1858)
7 - POPP
8 - HOFFMANN
9 - Geologische Forschungsstelle des Zweckverbandes
Oberhessische Versorgungsbetriebe, Hungen
10 - Laboratorium f. Wasseruntersuchungen, Hameln
11 - SONNE
12 - Fa. Wintershall AG.

Tabelle 16 - Süßwasser-Vollanalysen von Blatt 5618 Friedberg

Lfd. Nr.	Im Einzugsgebiet Fz anstehende Schichten	Herkunft der Probe	R 34+ H 55+	GH °dH	KH °dH	NKH °dH	Na ⁺ mg (mval%)	mval	K ⁺ mg (mval%)	mval	Ca ²⁺ mg (mval%)	mval	Mg ²⁺ mg (mval%)	mval	Fe ²⁺ mg (mval%)	mval	Cl ⁻ mg (mval%)	mval	HCO ₃ ⁻ mg (mval%)	mval	NO ₃ ⁻ mg (mval%)	mval	SO ₄ ⁻ mg (mval%)	mval	„feste gelöste Best.“ mg	CO ₂ mg	pH	Tag der Entnahme	Insti-1) tut
SV 1	Sedimentäres Tertiär, Löss	Pfingstbrunnen S Friedberg	8238 7589	30,8	22,7	8,1	6,4 2,5	0,28	0,3 0,1	0,01	166,4 73,7	8,30	32,6 23,7	2,68	0,0 0	0,0	31,1 7,9	0,88	495,3 72,4	8,12	-	-	106,2 19,7	2,21	838,3	-	6,6	5.7.68	1
SV 2	Basalt, Löss	Quellfassung in Assenheim	8675 7411	34,7	23,6	11,1	3,4 1,2	0,15	1,0 0,2	0,03	181,3 72,2	9,04	40,1 26,4	3,30	0,0 0	0,0	82,3 18,7	2,32	513,6 68,0	8,42	-	-	78,8 13,3	1,64	900,5	-	7,0	3.7.68	1
SV 3	Basalt, sedimentäres Tertiär, Löss	Quelle in Rödgen	8360 8103	16,1	14,4	1,7	12,8 8,3	0,56	18,5 6,9	0,47	89,7 66,2	4,48	15,3 18,6	1,26	0,0 0	0,0	21,2 9,4	0,60	314,8 80,5	5,16	-	-	31,3 10,1	0,65	503,6	95	6,6	3.7.68	1
SV 4	Sedimentäres Tertiär Löss	Quelle E Dorheim	8617 7956	24,8	18,2	6,6	7,6 3,6	0,33	0,8 0,2	0,02	148,8 80,6	7,43	17,5 15,6	1,44	0,0 0	0,0	37,1 11,4	1,05	396,5 71,0	6,50	-	-	77,6 17,6	1,61	685,9	47	7,0	3.7.68	1
SV 5	Sedimentäres Tertiär Löss	Quellfassung (Laufbrunnen) Ossenheim	8590 7630	30,2	16,7	13,5	27,9 10,0	1,21	4,6 1,0	0,12	175,5 72,5	8,76	24,3 16,5	2,00	0,0 0	0,0	74,9 18,8	2,11	363,6 53,2	5,96	-	-	150,9 28,0	3,14	821,7	n.b.	6,7	3.7.68	1
SV 6	Sedimentäres Tertiär Löss	Bohrbr. Fa. Rosbacher Br. (36 m tief)	7987 7457	17,7	16,4	1,3	8,3 5,4	0,36	1,7 0,5	0,03	84,3 62,7	4,21	25,5 31,3	2,10	0,24 0,1	0,01	12,8 5,4	0,36	357,5 87,1	5,9	2,61 0,6	0,04	22,2 6,9	0,46	515,2	77,3	6,9	26.7.68	4
SV 7	Taunusquarzit	Quellfassung d. Gemeinde Ober-Rosbach	7762 7444	3,4	3,0	0,4	11,2 3,9	0,05	0,7 1,5	0,02	21,4 82,3	1,07	2,0 12,3	0,16	0,0 0	0,0	8,0 16,8	0,23	65,9 78,8	1,08	-	-	3,1 4,4	0,06	102,3	78	5,9	7.7.68	1
SV 8	Unter-Ems, Löss	Quelle am Maiberg Ober-Mörlen	7666 8146	17,9	11,8	6,1	5,6 3,6	0,24	1,2 0,5	0,03	90,8 60,2	4,53	22,4 27,7	1,84	0,0 0	0,0	26,1 12,0	0,74	257,4 68,6	4,22	-	-	57,0 19,4	1,19	460,5	-	6,9	4.7.68	1
SV 9	Unteres Mitteldevon	Pfingstbrunnen S Ober-Mörlen	7787 8096	8,3	7,6	0,7	4,5 6,3	0,20	0,9 0,6	0,02	43,5 68,0	2,17	9,7 25,1	0,80	0,0 0	0,0	9,2 8,1	0,26	165,9 85,0	2,72	-	-	10,5 6,9	0,22	244,2	-	6,6	4.7.68	1
SV 10	Unter-Ems	Quelle N des Winterstein	7649 7981	7,3	7,3	0,0	7,9 11,4	0,34	1,0 0,7	0,02	37,4 62,5	1,87	9,2 25,4	0,76	0,0 0	0,0	10,3 9,7	0,29	158,6 87,0	2,60	-	-	4,7 3,3	0,1	229,1	-	6,7	4.7.68	1
SV 11	Taunusquarzit	Quelle E des Winterstein	7780 7768	1,7	1,7	0,0	0,6 4,5	0,03	0,9 3,0	0,02	12,2 92,5	0,61	0,0 0,0	0,00	0,0 0	0,0	7,1 23,5	0,20	36,6 70,6	0,60	-	-	2,1 5,9	0,05	59,5	-	5,9	4.7.68	1
SV 12	Taunusquarzit	Quelle N Ober-Rosbach	7810 7617	2,3	0,0	2,3	2,8 10,9	0,12	0,7 1,8	0,02	8,4 38,2	0,42	4,9 36,4	0,40	3,8 12,7	0,14	13,1 34,6	0,37	0,0 0,0	0,0	-	-	33,6 65,4	0,70	67,3	-	4,3	4.7.68	1
SV 13	Devon, sedimentäres Tertiär	Quelle am Hof Löwenthal	8259 8262	10,9	6,5	4,4	61,9 39,8	2,69	7,0 2,6	0,18	57,1 42,2	2,55	12,7 15,4	1,04	0,0 0	0,0	113,7 50,3	3,21	140,9 36,2	2,31	-	-	42,0 13,5	0,86	435,3	57	6,0	4.7.68	1

1) Fußnote: siehe Fußnote 10, Tab. 15

Tabelle 17. Orientierende Analysen von Quellwässern in der Wetterau

Lfd. Nr.	Gemeinde	Lage Rechts 34.. Hoch 55..	Cl ⁻ mval/l mg/l	HCO ₃ ⁻ mval/l mg/l	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ mval/l °dGH	KH °d	NKH °d	Fe ²⁺ mg/l	CO ₂ mg/l	pH	Leitf. µS	Temp. °C	Q ¹⁾ l/s	Datum d. Entnahme
Q 1	Muschenheim	8631 9406	1,33 47	4,91 300	7,46 20,9	13,7	7,2	0,0	36	6,8	655	11,6	0,7	8.7.67
Q 2	"	8582 9385	1,36 48	5,03 307	7,24 20,3	14,1	6,2	0,69	51	6,8	715	12,3	0,1	8.7.67
Q 3	Tr.-Münzenb.	8584 9212	0,86 30	4,10 250	4,86 13,6	11,5	2,1	0,0	n.b.		510	-		8.7.67
Q 4	"	8473 9214	2,76 98	5,48 334	8,58 24,0	15,3	8,7	0,0	n.b.		860	-		8.7.67
Q 5	Münzenberg	8420 9170	3,92 139	1,70 103	2,82 7,9	4,8	3,1	0,0	49	6,6	700	13,0	0,1	8.7.67
Q 6	"	8322 9147	3,06 108	1,98 121	3,96 11,1	5,5	5,6	0,0	70	6,4	540	12,5	0,2	8.7.67
Q 7	"	8315 9145	0,44 16	5,26 321	6,24 17,5	14,7	2,8	0,73	72	6,7	545	10,4	0,1	8.7.67
Q 8	Ob.-Hörgern	8316 9236	165,83 5876	12,49 762	31,90 89,3	35,0	54,3	4,94	574	6,0	17200	13,2	-	1.7.67
Q 9	"	8302 9210	2,18 77	7,32 447	11,18 31,3	20,5	10,8	0,0	49	7,1	1150	10,8	0,1	25.6.67
Q 10	Münzenberg	8289 9085	1,00 35	5,19 317	7,62 21,3	14,5	6,8	0,0	47	6,9	820	11,8	0,2	1.7.67
Q 11	"	8238 9096	0,91 32	6,54 399	7,54 21,1	18,3	2,8	0,20	45	7,0	755	11,9	0,1	1.7.67
Q 12	Gambach	8155 9153	1,60 57	5,77 352	8,26 23,1	16,2	6,9	0,0	28	7,0	795	10,7	0,5	25.6.67
Q 13	"	8023 9092	2,01 71	6,44 393	8,86 24,8	18,0	6,8	0,0	66	6,8	920	12,1	0,5	25.6.67
Q 14	Griedel	7914 9019	1,39 49	6,62 404	8,70 24,4	18,5	5,9	0,0	55	7,0	855	11,0	0,7	24.6.67
Q 15	Gambach	8152 8973	1,62 57	5,75 351	9,86 27,6	16,1	11,5	0,0	62	6,9	910	11,5	0,1	18.6.67
Q 16	Rockenberg	8079 8916	1,36 48	7,19 439	- -	20,1	-	0,0	-	6,8	905	-	0,01	24.6.67
Q 17	"	8085 8906	1,50 53	6,75 412	9,70 27,2	18,9	8,3	+	-	7,0	1000	-	0,01	24.6.67
Q 18	"	8087 8800	2,29 81	7,40 451	10,74 30,1	20,7	9,4	0,08	-	7,0	2260	12,5	0,01	24.6.67
Q 19	"	8093 8883	- -	6,72 410	9,18 25,7	18,8	6,9	0,0	53	7,0	930	10,8	0,01	24.6.67
Q 20	"	8071 8849	1,38 49	6,42 392	8,48 23,7	18,0	5,7	0,01	50	7,0	805	10,8	0,1	17.6.67
Q 21	Rockenberg	8196 8812	1,94 69	4,78 292	10,34 29,0	13,4	15,6	0,0	54	6,8	1000	11,1	0,4	18.6.67
Q 22	Münzenberg	8427 8960	1,00 35	6,15 375	7,08 19,8	17,2	2,6	0,0	51	6,7	695	10,8	0,2	8.7.67
Q 23	"	8460 8921	1,19 42	3,54 216	6,48 18,1	9,9	8,2	0,0	64	(6,5)	690	11,5	0,1	8.7.67
Q 24	Rockenberg	8096 8750	6,30 223	5,98 365	7,44 20,8	16,7	4,1	0,0	51	6,8	1440	10,5	0,5	17.6.67
Q 25	"	8101 8733	6,12 217	6,40 390	5,84 16,4	17,9	-	0,13	64	6,8	1370	10,2	0,4	17.6.67
Q 26	Oppershofen	8112 8684	2,27 80	5,70 348	6,72 18,8	16,0	2,8	0,0	44	7,0	775	10,2	0,4	17.6.67
Q 27	"	8098 8665	6,45 229	6,80 415	8,04 22,5	19,0	3,5	0,05	56	6,9	1380	10,5	1,0	17.6.67
Q 28	"	8013 8587	1,14 40	6,59 402	8,56 24,0	18,5	5,5	0,10	63	6,9	855	10,6	0,1	17.6.67
Q 29	"	8028 8604	1,37 49	7,15 436	9,76 27,3	20,0	7,3	0,0	52	6,9	1010	10,1	0,2	17.6.67
Q 30	"	8203 8643	0,55 19	3,38 206	4,38 12,3	9,5	2,8	0,0	40	6,9	445	11,0	0,01	18.6.67
Q 31	"	8257 8617	1,06 38	5,35 326	5,92 16,6	15,0	1,6	0,0	91	6,7	630	7,9	0,4	18.6.67
Q 32	"	8170 8601	2,87 102	6,53 398	7,64 21,4	18,3	3,1	0,0	49	-	1040	12,0	0,0	18.6.67
Q 33	Steinfurth	8143 8552	27,90 989	8,59 524	12,02 33,7	24,1	9,6	2,74	77	6,9	3450	16,3	0,1	18.6.67
Q 34	"	8225 8442	1,24 44	6,24 381	8,58 24,0	17,5	6,5	0,0	59	6,8	-	12,7	0,3	11.9.67
Q 35	"	8230 8431	0,85 30	5,32 325	6,96 19,5	14,9	4,6	0,0	65	6,8	-	12,9	0,4	11.9.67
Q 36	"	8250 8380	1,91 68	6,06 370	7,40 20,7	17,0	3,7	0,0	113	6,6	990		0,2	9.10.68
Q 37	"	8333 8370	0,93 33	6,60 403	9,18 25,7	18,5	7,2	0,0	60	-	785		0,1	9.10.68
Q 38	Rüdgen	8390 8097	0,35 12	6,01 367	6,40 17,9	16,8	1,1	+	53	6,7	605	-	0,3	20. 5.67
Q 39	Ob.-Rosbach	7757 7422	0,50 18	1,56 95	2,14 6,0	4,4	1,6	0,0	84	5,8	290	8,6	0,2	10. 6.67
Q 40	"	7764 7419	0,34 12	1,08 66	1,32 3,7	3,0	0,7	0,0	74	6,0	215	8,3	0,1	10. 6.67
Q 41	Ob.-Rosbach	7761 7411	0,43 15	2,20 134	2,66 7,4	6,2	1,2	0,0	70	6,2	380	9,4	0,1	10.6.67
Q 42	Ulfa	9943 9318	- -	5,41 330	- -	15,1	-	0,0	35	7,1	440	15,0	0,1	2.9.67
Q 43	Rodheim/Bod.	9734 9038	0,35 12	4,40 268	- -	12,3	-	0,0	23	7,3	445	12,7	0,1	29.7.67
Q 44	Inheiden	9135 9134	0,63 22	5,26 321	7,18 20,1	14,7	5,4	2,22	141	7,2	625	20,0	0,0	2.9.67
Q 45	Obbornhofen	8881 8955	1,55 55	5,84 356	8,80 24,6	16,4	8,2	0,0	32	7,0	685	12,4	0,1	8.7.67
Q 46	Berstadt	9076 8768	0,92 33	6,20 378	7,10 19,9	17,4	2,5	0,0	30	7,0	715	12,4	0,2	9.7.67
Q 47	"	9130 8760	0,48 17	6,51 397	6,00 16,8	18,2	-	0,0	-	-	595	-	0,01	9.7.67
Q 48	Tr.-Horloff	9356 8973	1,59 56	6,72 410	8,68 24,3	18,8	5,5	2,14	-	-	-	-	0,3	9.7.67
Q 49	U.-Middersh.	9326 8757	10,67 377	17,40 1061	24,90 6,7	48,7	18,3	+	1214	-	2140	17,0	0,0	9.5.66
Q 50	O.- "	9472 8678	0,91 32	4,50 275	6,24 17,5	12,6	4,9	0,0	50	6,8	625	14,2	0,1	9.7.67

1) Schüttung

Lfd. Nr.	Gemeinde	Lage		Cl ⁻		HCO ₃ ⁻		Ca ²⁺ + Mg ²⁺		KH	NKH	Fe ²⁺ CO ₂		pH	Leitf. µS	Temp. °C	Q l/s	Datum d. Entnahme
		Rechts 34..	Nach 55..	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	°dGH			mg/l	mg/l					
Q 51	"	9575	8677	0,92	33	6,20	378	7,10	19,9	17,4	2,5	0,0	924	5,4	560	9,9	0,03	9.7.67
Q 52	"	9612	8688	0,32	11	4,40	268	4,40	12,3	12,3	0,0	0,15	57	6,7	430	12,1	0,2	29.7.67
Q 53	"	9827	8757	0,66	23	4,65	284	5,46	15,3	13,0	2,3	0,0	11	7,6	530	-	0,4	29.7.67
Q 54	Berstadt	9399	8555	0,55	19	7,98	487	8,00	22,4	22,3	0,1	0,0	147	-	780	11,2	0,0	9.7.67
Q 55	"	9384	8541	0,59	21	9,10	555	9,02	25,3	25,5	0	0,48	167	-	845	12,1	0,7	9.7.67
Q 56	"	9581	8515	0,38	13	1,50	92	3,00	8,4	4,2	4,2	0,0	55	6,5	940	9,9	0,01	15.7.67
Q 57	Echzell	9576	8426	0,61	22	5,41	330	6,40	17,9	15,1	2,8	0,0	53	7,0	630	9,3	0,3	15.7.67
Q 58	Gettenau	9282	8275	0,64	23	4,27	260	5,30	14,8	12,0	2,8	0,22	41	-	490	10,2	0,2	6.5.67
Q 59	Bingenheim	9235	8107	1,16	41	4,95	302	6,40	17,9	13,9	4,0	0,0	22	7,1	660	11,2	1,2	15.7.67
Q 60	"	9237	8090	0,76	27	4,74	289	5,62	15,7	13,3	2,4	0,0	21	7,4	590	12,5	1,0	15.7.67
Q 61	Leidhecken	9319	7999	0,44	16	5,30	323	5,66	15,8	14,8	1,0	0,39	50	7,0	525	11,7	0,2	15. 7.67
Q 62	"	9334	8007	0,80	28	6,02	367	7,04	19,7	16,9	2,8	0,0	57	6,9	655	13,8	1,0	15. 7.67
Q 63	Geiß-Nidda	9645	8339	0,76	27	4,37	267	5,72	16,0	12,2	3,8	0,0	55	6,8	560	13,3	0,3	15. 7.67
Q 64	Dauernheim	9508	7877	0,98	35	-	-	8,26	23,1	-	-	-	-	-	665	-	0,1	6. 5.67
Q 65	"	9494	7855	0,78	28	-	-	7,44	20,8	-	-	-	-	-	595	-	0,1	6. 5.67
Q 66	Ilbenstadt	8757	7109	0,88	31	3,76	229	6,25	17,5	10,5	7,0	0,0	-	-	435	11,8	0,4	2.10.66
Q 67	"	8668	7120	1,75	62	3,39	207	8,22	23,0	9,5	13,5	0,0	-	-	635	12,5	0,3	2.10.66
Q 68	"	8656	7111	1,04	37	2,68	163	5,36	15,0	7,5	7,5	0,0	-	-	-	9,8	0,2	2.10.66
Q 69	"	8666	7058	1,43	51	6,45	393	8,65	24,2	18,1	6,1	0,0	-	-	-	11,0	1,0	2.10.66
Q 70	"	8574	7019	1,18	42	5,46	333	7,87	22,0	15,3	6,7	0,0	13	7,3	590	14,2	0,2	2.10.66
Q 71	Burggräfenr.	8499	7001	1,30	46	5,49	335	8,15	22,8	15,4	7,4	0,0	26	7,1	-	10,5	1,5	2.10.66
Q 72	"	8493	6995	0,75	27	4,92	300	6,86	19,2	13,8	5,4	1,26	4	6,8	510	10,0	0,1	20. 9.66
Q 73	"	8460	6913	1,81	64	5,22	318	10,25	28,7	14,6	14,1	0,0	5	6,5	810	10,9	0,3	20. 9.66
Q 74	Groß-Karben	8414	6810	1,56	55	5,68	346	9,17	25,7	15,9	9,8	0,0	17	6,6	525	11,3	0,2	20. 9.66
Q 75	"	8436	6846	1,06	38	5,80	353	9,02	25,2	16,2	9,0	0,0	7	6,8	-	10,3	0,2	20. 9.66
Q 76	"	8439	6850	1,50	53	4,97	303	8,18	22,9	13,9	9,0	0,46	-	-	655	-	0,0	20. 9.66
Q 77	"	8415	6843	6,55	232	10,80	658	15,12	42,3	30,2	12,1	5,02	-	-	1400	-	0,0	20. 9.66
Q 78	"	8420	6830	1,65	58	3,16	193	9,07	25,4	8,8	16,6	0,0	13	-	-	-	0,0	20. 9.66
Q 79	Okarben	8258	6928	0,99	35	4,55	278	7,38	20,7	12,7	8,0	-	-	-	565	-	0,8	20. 9.66
Q 80	Nd.-Rosbach	7880	7226	0,25	9	2,80	171	2,93	8,2	7,8	0,4	-	0	6,5	245	10,9	0,0	19. 5.66
Q 81	Nd.-Rosbach	7882	7223	3,98	141	4,00	244	4,89	13,7	11,2	2,5	++	0	6,2	-	-	0,0	19. 5.66
Q 82	"	7817	7169	0,81	29	4,60	281	6,60	18,5	12,9	5,6	0,0	0	7,3	680	-	0,3	10. 6.67
Q 83	Rodheim vdH	7976	6903	0,25	9	4,72	288	5,50	15,4	13,2	2,2	-	48	6,8	350	-	0,6	8.10.66
Q 84	"	8085	6854	0,49	17	6,33	386	7,70	21,6	17,7	3,9	0,0	52	6,9	725	9,0	1,0	10. 6.67
Q 85	Okarben	8128	6814	0,91	32	3,68	224	6,12	17,1	10,3	6,8	0,0	-	7,0	680	8,7	0,1	10. 6.67
Q 86	"	8124	6793	0,42	15	3,78	231	4,58	12,8	10,6	2,2	0,0	41	6,9	475	8,1	0,2	10. 6.67
Q 87	Petterweil	8109	6783	0,29	10	7,26	443	7,88	22,1	20,3	1,8	0,0	67	6,9	770	8,2	0,1	10. 6.67
Q 88	Okarben	8112	6760	0,31	11	3,50	214	7,40	20,7	9,8	10,9	0,0	20	-	480	10,1	0,5	21. 5.66
Q 89	Ob.-Erlenb.	7678	6582	0,38	13	5,47	334	6,18	17,3	15,3	2,0	0,0	42	7,0	520	10,5	3,5	4. 6.67
Q 90	Kloppenheim	8162	6612	1,23	44	6,28	383	8,90	24,9	17,6	7,3	0,0	46	7,0	920	10,8	0,4	10. 6.67
Q 91	"	8231	6540	1,78	63	7,72	463	8,96	25,1	21,6	3,5	0,0	255	6,4	700	10,1	-	21. 9.66
Q 92	Dortelweil	8318	6407	2,09	74	6,04	368	10,32	28,9	16,9	12,0	0,0	16	-	815	11,7	0,4	21. 9.66
Q 93	Rendel	8455	6446	0,86	31	4,31	263	6,52	18,5	12,1	6,4	0,0	-	-	500	10,2	1,2	19. 5.66
Q 94	"	8574	6411	1,08	38	3,82	233	7,25	20,3	10,7	9,6	0,0	40	7,1	575	13,2	0,3	8.10.66
Q 95	"	8536	6353	1,25	44	4,94	301	8,93	25,0	13,8	11,2	0,0	-	6,9	595	13,8	0,1	8.10.66
Q 96	"	8502	6318	2,15	76	8,30	506	11,28	31,6	23,2	8,4	0,0	48	-	-	13,5	0,6	8.10.66
Q 97	"	8556	6295	1,14	40	6,57	401	9,92	27,7	18,4	9,3	0,0	47	7,0	805	8,9	0,1	4. 5.66
Q 98	"	8623	6355	-	-	2,71	165	8,40	23,5	7,6	15,9	0,0	38	6,9	560	13,2	0,1	8.10.66
Q 99	Dortelweil	8237	6331	1,85	66	6,00	366	9,22	25,8	16,8	9,0	0,0	35	-	655	10,6	0,9	8.10.66
Q 100	"	8227	6328	1,90	67	4,56	278	9,75	27,3	12,8	14,5	0,0	-	-	715	10,7	0,4	8.10.66

Lfd. Nr.	Gemeinde	Rechts 34..	Hoch 55..	Cl ⁻		HCO ₃ ⁻		Ca ²⁺ + Mg ²⁺		KH	NKH	Fe ²⁺	CO ₂	pH	Leitf.	Temp.	Q	Datum d.
				mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	°dGH	°d	°d	mg/l	mg/l		µS	°C	l/s	Entnahme
Q101	Dortelweil	8220	6318	1,85	66	3,43	209	8,40	23,5	9,6	13,9	0,0	-	-	680	10,9	0,2	8.10.66
Q102	Nd.-Erlenb.	8026	6406	2,26	80	5,90	360	10,02	28,1	16,5	11,6	0,0	28	6,8	825	8,7	0,2	28. 5.67
Q103	"	7972	6402	1,55	55	6,19	378	9,94	27,8	17,3	10,5	0,0	29	7,0	805	8,4	0,3	28. 5.67
Q104	"	7954	6404	0,90	32	5,98	365	7,98	22,3	16,7	5,6	0,0	14	7,3	670	10,1	0,1	28. 5.67
Q105	Nd.-Eschbach	7689	6342	1,47	52	4,64	283	7,44	20,8	13,0	7,8	0,0	52	7,0	670	10,1	0,8	4. 6.67
Q106	"	7651	6392	1,56	55	7,15	436	11,64	32,6	20,0	12,6	0,0	70	6,9	1010	13,0	0,1	8.10.66
Q107	"	7658	6316	1,74	62	6,13	374	10,18	28,5	17,2	11,3	0,0	69	6,9	860	8,7	0,5	4. 6.67
Q108	"	7686	6333	1,12	40	4,96	303	7,26	20,3	13,9	7,4	0,0	60	6,8	650	10,5	0,2	4. 6.67
Q109	"	7719	6260	1,19	42	6,31	385	8,80	24,6	17,7	6,9	0,0	59	7,0	815	10,0	2,0	4. 6.67
Q110	Nd.-Erlenb.	7963	6279	1,62	57	6,32	386	9,96	27,9	17,7	10,2	0,0	22	7,2	775	10,3	0,5	27. 5.67
Q111	Nd.-Eschbach	7533	6390	1,20	43	6,04	368	9,32	26,1	17,0	9,1	0,0	74	6,9	810	9,3	0,5	4. 6.67
Q112	Harheim	7733	6190	0,94	33	5,81	354	8,38	23,5	16,3	7,2	0,0	51	6,9	725	9,7	0,5	4. 6.67
Q113	"	7868	6107	1,17	41	6,11	373	9,34	26,1	17,1	9,0	0,0	16	7,0	765	9,7	2,0	27. 5.67
Q114	Massenheim	7943	6077	2,69	95	5,70	348	11,64	32,6	16,0	16,6	0,0	30	7,0	1045	9,8	0,5	27. 5.67
Q115	Bad Vilbel	7960	6054	2,62	93	6,13	374	13,08	36,6	17,2	19,4	0,19	23	6,9	1035	10,6	3,5	27. 5.67
Q116	Nd.-Erlenb.	7968	6231	2,15	76	5,85	357	10,30	28,8	16,4	12,4	0,0	40	6,9	835	10,1	0,2	28. 5.67
Q117	"	7976	6228	2,29	81	6,24	381	10,88	30,5	17,5	13,0	0,0	51	6,9	935	10,5	0,3	28. 5.67
Q118	Bad Vilbel	8069	5956	1,67	59	7,23	441	9,54	26,7	20,2	6,5	+	20	7,4	780	-	0,1	27. 5.67
Q119	B.-Enkheim	8225	5904	1,01	36	5,86	357	9,64	27,0	16,4	10,6	+	38	6,9	825	9,5	1,0	27. 5.67
Q120	Bad Vilbel	8251	5953	0,53	19	6,98	426	9,58	26,8	19,5	7,3	0,0	42	7,2	-	-	0,1	27. 5.67
Q121	Bad Vilbel	8263	5974	0,82	29	3,50	214	8,10	22,7	9,8	12,9	0,0	38	6,8	725	-	0,2	27. 5.67
Q122	"	8257	5986	1,23	44	1,75	107	5,52	15,5	4,9	10,6	0,0	27	6,6	560	11,5	0,2	27. 5.67
Q123	Rodheim vdH	7978	7132	1,35	48	4,80	293	8,43	23,6	13,4	10,2	0,0	33	-	625	11,8	0,1	2.10.66
Q124	Bönstadt	8849	7210	0,62	22	6,48	395	8,18	22,9	18,1	4,8	-	35	-	620	9,8	2,5	6. 5.67
Q125	Assenheim	8728	7290	0,82	29	6,29	384	-	-	17,6	-	-	31	-	-	9,6	0,2	15. 5.67
Q126	Nd.-Eschbach	7678	6344	0,98	35	5,19	317	7,38	20,7	14,5	6,2	0,0	48	7,0	660	9,9	0,7	4. 6.67
Q127	Rockenberg	8149	8234	4,82	171	6,29	384	8,36	23,4	17,6	5,8	0,0	55	6,9	1190	-	0,3	18. 6.67

Tab. 18. Orientierende Analysen von Wässern aus Flachbohrungen

Bohrung Nr.	Lage		Cl ⁻		HCO ₃ ⁻		Ca ²⁺ + Mg ²⁺ mval/l	GH dH	KH dH	NKH dH	Leitf. S	Datum d. Entnahme
	Rechts 34+	Hoch 55+	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l						
1	8262	8334	79,00	2801	21,34	1302	21,68	60,7	59,7	1,0	7910	9.67
2	8270	8330	14,13	501	13,46	821	11,88	33,3	37,7	0	-	9.67
3	8260	8325	27,27	967	11,96	730	19,52	54,7	33,5	21,2	-	9.67
4	8263	8326	88,63	3142	25,80	1574	22,76	63,7	72,2	0	-	9.67
5	8273	8326	39,93	1416	19,56	1193	-	-	54,7	-	5830	9.67
6	8265	8325	116,10	4116	21,89	1335	24,76	69,3	61,3	8,0	11190	9.67
7	8256	8316	2,55	90	8,12	495	9,00	25,2	22,7	2,5	1550	9.67
8	8263	8319	35,90	1273	7,80	476	17,40	48,7	21,8	26,9	4584	9.67
9	8267	8320	116,80	4141	26,64	1625	25,68	71,9	74,6	0	13090	9.67
10	8271	8318	49,07	1740	21,82	1133	20,24	56,7	61,1	0	4760	9.67
11	8274	8318	34,30	1216	20,23	1234	13,36	37,4	56,6	0	5415	9.67
12	8256	8311	13,11	465	9,60	586	12,74	35,7	26,9	8,8	2142	9.67
13	8264	8314	140,47	4980	23,52	1435	35,36	99,0	65,9	33,1	13690	9.67
14	8267	8315	230,53	8172	31,66	1931	-	-	88,7	-	14459	9.67
15	8272	8312	46,43	1646	18,52	1297	19,92	55,8	51,9	3,9	4641	9.67
16	8275	8312	34,53	1224	5,80	354	11,20	31,4	16,3	15,1	3511	9.67
17	8254	8305	60,76	2154	10,18	621	16,72	46,8	28,5	18,3	5240	9.67
18	8256	8305	32,80	1162	10,82	660	13,40	37,5	30,3	7,2	3927	9.67
19	8264	8309	187,40	6643	31,48	1920	35,72	100,0	88,1	11,9	17255	9.67
20	8269	8321	181,90	6448	31,08	1896	35,48	99,3	87,0	12,3	16660	9.67
21	8274	8307	60,53	2146	13,78	841	-	-	38,6	-	5950	9.67
22	8254	8299	39,56	1402	11,84	722	13,56	38,0	33,2	4,8	3870	9.67
23	8256	8299	34,93	1238	11,12	678	12,80	35,8	31,1	4,7	4230	9.67
24	8264	8303	139,00	4928	20,12	1227	34,56	96,8	56,3	40,5	14880	9.67
25	8268	8296	139,80	4956	22,78	1390	31,40	87,9	63,8	24,1	13100	9.67
26	8271	8298	35,93	1274	11,08	676	16,96	47,5	31,0	16,5	4230	9.67
27	8275	8301	31,20	1106	7,67	468	12,00	33,6	21,5	12,1	3270	9.67
28	8254	8292	43,56	1544	12,16	742	11,68	32,7	34,0	0	4170	9.67
29	8257	8293	60,37	2140	9,83	600	-	-	27,5	-	4580	9.67
30	8256	8295	12,15	431	7,26	443	12,48	34,9	20,3	4,6	3150	9.67
31	8264	8296	140,97	4997	22,16	1352	29,16	81,6	62,0	19,6	14280	9.67
32	8254	8288	93,61	3318	13,35	814	20,32	56,9	37,4	-	9280	9.67
33	8258	8288	90,10	3194	11,03	673	-	-	30,9	-	5590	9.67
34	8264	8289	26,40	936	7,16	437	12,04	33,7	20,1	13,6	2920	9.67
35	8268	8297	154,93	5492	20,84	1271	34,12	95,5	58,3	37,2	14280	9.67
36	8254	8283	62,67	2224	10,71	653	20,06	56,4	30,0	26,4	6490	9.67
37	8257	8284	80,17	2842	12,67	773	20,65	57,8	35,4	22,4	7850	9.67
38	8262	8284	163,30	5789	15,38	938	24,44	68,6	43,1	25,5	1490	9.67
39	8267	8285	75,87	2689	10,83	660	9,28	26,0	30,3	0	7620	9.67
40	8274	8288	8,00	284	12,42	758	11,44	20,3	34,8	0	2080	9.67
41	8255	8278	7,90	280	6,49	396	-	-	18,2	-	1440	9.67
42	8258	8278	25,40	900	5,52	337	9,33	26,1	15,5	10,6	3090	9.67
43	8263	8279	164,23	5822	14,38	877	-	-	40,3	-	13390	9.67
44	8266	8281	154,73	5484	15,93	972	-	-	44,6	-	14280	9.67
45	8270	8282	103,77	3678	16,58	1011	-	-	46,4	-	10120	9.67
46	8256	8271	12,93	458	4,10	250	-	-	11,5	-	1900	9.67
47	8259	8271	155,97	5529	11,84	722	-	-	33,2	-	13090	9.67
48	8260	8272	125,90	4463	11,60	708	-	-	32,5	-	11310	9.67
49	8264	8273	171,97	6096	16,93	1033	-	-	47,4	-	14880	9.67
50	8268	8274	148,10	5250	19,54	1192	-	-	54,7	-	14100	9.67

Bohrung Nr.	Lage		Cl ⁻		HCO ₃ ⁻		Ca ²⁺ +Mg ²⁺ mval/l	GH dH	KH dH	NKH dH	Leitf. μS	Datum d. Entnahme
	Rechts 34+	Hoch 55+	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l						
51	8271	8276	140,23	4971	22,47	1371	-	-	62,9	-	13570	9.67
52	8262	8268	10,53	373	15,03	917	-	-	42,1	-	2300	9.67
53	8267	8269	122,50	4342	24,48	1493	-	-	68,5	-	12200	9.67
54	8273	8270	100,27	3355	18,20	1110	-	-	50,9	-	9700	9.67
55	8262	8260	12,68	450	12,00	732	13,00	36,4	33,6	2,8	2380	9.67
56	8265	8252	1,97	70	9,98	609	9,60	26,9	27,9	0	1130	9.67
57	8267	8262	58,00	2056	27,40	1671	-	-	76,7	-	6840	9.67
58	8272	8262	64,04	2270	24,50	1495	15,36	43,0	68,6	0	6490	9.67
59	8276	8264	102,43	3631	17,23	1057	-	-	48,5	-	10060	9.67
60	8280	8270	9,15	324	16,38	999	-	-	45,8	-	2560	9.67
61	8265	8250	2,85	101	9,42	575	47,80	133,8	26,4	107,4	1220	9.67
62	8270	8256	18,73	664	14,40	878	-	-	40,3	-	2920	9.67
63	8271	8257	76,28	2704	23,92	1459	16,84	47,2	67,0	0	7850	9.67
64	8276	8258	24,64	873	16,42	1002	12,00	33,6	46,6	0	3690	9.67
65	8283	8265	4,94	175	12,58	767	-	-	35,2	-	1550	9.67
66	8277	8257	34,50	1223	17,12	1044	-	-	48,0	-	4050	9.67
67	8278	8258	29,16	1034	17,64	1076	10,12	28,3	49,4	0	4110	9.67
68	8280	8258	15,32	543	14,88	908	11,40	31,9	41,7	0	2260	9.67
69	8281	8257	131,10	4647	21,72	1325	30,04	84,1	60,8	23,3	11300	9.67
70	8282	8257	202,30	7172	18,66	1138	34,16	95,6	52,2	43,4	17250	9.67
71	8280	8259	198,67	7043	27,44	1674	-	-	76,9	-	17550	9.67
72	8286	8260	15,98	566	17,35	1058	-	-	48,5	-	2560	9.67
73	8281	8257	32,90	1166	21,54	1314	13,56	38,0	60,3	0	3750	9.67
74	8279	8257	2,23	79	6,64	405	7,44	20,8	18,6	2,2	810	9.67
75	8265	8247	1,51	54	2,64	161	6,36	17,8	7,9	9,9	680	9.67
76	8271	8242	1,70	60	4,66	284	4,72	13,2	13,1	0,1	547	9.67
77	8274	8246	27,44	972	26,84	1637	25,68	71,9	75,1	0	3450	9.67
78	8278	8250	16,56	587	20,94	1277	11,60	32,5	58,6	0	2620	9.67
79	8283	8252	8,68	308	14,05	857	12,00	33,6	39,3	0	1750	9.67
80	8269	8252	87,77	3111	18,16	1078	20,96	58,7	50,8	7,9	8930	9.67
81	8268	8308	188,93	6698	27,56	1681	41,24	115,5	77,1	38,4	16070	9.67
82	8272	8306	40,57	1438	13,44	820	14,56	40,8	37,6	3,2	4760	9.67
83	8266	8328	53,73	1905	20,44	1247	16,92	47,4	57,2	0	-	9.67
84	8511	9474	0,35	12	4,32	264	6,00	16,8	12,1	4,7	1350	6.68
84a	8514	9455	1,71	61	5,00	304	8,06	22,1	14,0	8,1	760	6.68
85	8526	9441	1,62	57	5,78	353	6,98	19,5	16,2	3,3	714	6.68
86	8520	9436	1,21	43	7,22	440	8,60	24,1	20,2	3,9	833	6.68
87	8576	9379	1,23	44	7,28	444	8,00	22,4	20,4	2,0	696	11.67
88	8574	9352	1,80	64	9,32	569	11,68	32,7	26,1	6,6	970	11.67
89	8552	9328	1,86	66	8,14	497	11,12	31,1	22,8	8,3	893	11.67
90	8544	9304	21,51	763	10,56	644	15,88	44,5	29,6	14,9	-	11.67
91	8549	9275	1,69	60	7,14	434	9,84	27,6	19,9	7,7	738	11.67
92	8560	9245	1,37	49	6,18	377	7,52	21,1	17,3	3,8	619	11.67
92a	8542	9255	4,40	156	8,92	544	11,24	31,5	25,0	6,5	1070	11.67
93	8519	9240	1,94	69	9,16	559	11,44	32,0	25,6	6,4	976	11.67
94	8494	9227	2,55	90	9,60	586	12,04	33,7	26,9	6,8	958	11.67
95	8476	9208	3,18	113	5,00	305	8,20	23,0	14,0	9,0	696	11.67
96	8454	9197	3,47	123	6,06	370	9,12	25,5	17,0	8,5	779	11.67
97	8420	9193	1,37	49	7,12	434	7,72	21,6	19,9	1,7	626	11.67
98	8399	9186	0,55	19	6,76	412	6,68	18,7	18,9	0	559	11.67
99	8374	9194	137,73	4883	12,50	763	31,16	87,2	35,0	52,2	12440	11.67

Bohrung Nr.	Lage		Cl ⁻		HCO ₃ ⁻		Ca ²⁺ +Mg ²⁺	GH	KH	NKH	Leitf.	Datum d.
	Rechts	Hoch	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	°dH	°dH	°dH	S	Entnahme
	34+	55+										
100	8351	9225	21,89	776	18,00	1098	-	-	50,4	-	2975	4.68
101	8348	9222	36,80	1304	19,50	119	13,64	39,2	54,6	0	4106	4.68
102	8354	9217	69,26	2455	12,32	752	14,16	39,6	34,5	5,1	6250	4.68
103	8355	9212	62,51	2216	8,68	529	16,40	45,9	24,3	21,6	5890	4.68
104	8355	9206	60,67	2151	8,50	519	16,80	47,0	23,8	23,2	5540	4.68
105	8355	9202	138,72	4918	13,40	817	31,24	87,5	37,5	50,0	11900	4.68
106	8356	9197	161,97	5742	11,40	696	33,24	93,1	31,9	61,2	13690	4.68
107	8359	9192	19,44	689	8,60	525	8,76	24,5	24,1	0,4	3270	4.68
108	8360	9188	1,68	60	3,80	232	6,86	19,2	10,6	8,6	732	4.68
109	8362	9183	12,70	96	3,64	222	5,50	15,4	10,2	5,2	547	4.68
110	8343	9221	11,17	396	11,54	704	9,78	27,4	32,3	0	1760	4.68
111	8339	9219	12,55	445	11,73	716	7,40	20,7	32,8	0	2140	4.68
112	8327	9245	37,27	1321	13,98	853	21,80	61,0	39,1	21,9	4110	4.68
113	8326	9237	191,13	6776	19,36	1181	45,80	128,2	54,2	74,0	16960	4.68
114	8326	9232	220,70	7824	18,56	1132	45,20	126,6	52,0	74,6	17850	4.68
115	8326	9227	112,40	3995	14,82	904	23,52	65,0	41,5	23,5	10413	4.68
116	8332	9229	43,27	1534	14,74	899	15,92	44,6	41,3	3,3	4640	4.68
117	8334	9221	46,07	1633	12,98	792	14,76	41,3	36,3	5,0	4760	4.68
118	8335	9215	49,23	1745	11,46	699	14,86	41,6	32,1	9,5	4760	4.68
119	8342	9198	31,07	1101	10,82	660	13,88	38,9	30,3	8,6	3040	11.67
120	8325	9205	24,30	861	8,12	495	8,08	22,6	22,7	0	2800	6.68
121	8326	9205	20,93	741	7,40	451	8,52	23,9	20,7	3,2	2800	6.68
122	8336	9192	8,51	302	6,20	378	6,60	18,5	17,4	1,1	1550	6.68
123	8331	9184	11,12	304	7,10	433	8,32	22,5	13,0	2,6	1610	6.68
124	8334	9178	0,37	13	5,34	326	5,36	15,0	15,0	0	530	6.68
125	8335	9174	0,31	13	4,94	301	5,12	14,3	13,8	0,5	1000	6.68
126	8321	9174	12,05	427	7,02	428	7,88	22,1	13,7	2,4	1666	11.67
127	8306	9185	6,43	228	8,60	525	5,24	14,7	24,1	0	1364	11.67
128	8285	9171	1,23	44	7,14	436	8,64	24,2	20,0	4,2	756	11.67
129	8271	9155	0,60	21	7,32	447	8,12	22,7	20,5	2,2	887	11.67
130	8245	9152	1,21	43	8,50	519	11,28	31,6	23,8	7,8	334	11.67
131	8221	9150	2,71	96	11,88	725	14,56	40,8	33,3	7,5	1120	11.67
132	8138	9142	1,78	63	6,44	373	8,38	22,6	18,0	4,6	678	11.67
133	8171	9133	2,11	75	3,38	572	12,40	34,7	26,3	8,4	388	11.67
134	8146	9118	2,13	76	3,28	566	11,22	33,4	26,0	7,4	352	11.67
135	8118	9103	2,40	88	10,72	666	13,52	37,9	30,6	7,3	1070	11.67
136	8006	9077	2,84	101	11,74	728	14,08	33,4	33,4	6,0	1200	11.67
137	8003	9089	2,49	88	10,30	628	11,44	32,0	28,8	3,2	1040	11.67
138	8041	9083	1,60	57	10,34	631	11,84	33,2	27,0	4,2	716	11.67
139	8013	9076	2,08	106	7,50	458	9,68	27,1	21,0	6,1	988	11.67
140	8008	9064	1,41	50	4,74	301	6,16	17,2	13,8	3,4	577	11.67
141	7984	9055	1,15	41	2,28	139	1,76	4,9	6,4	0	309	11.67
142	7969	9053	0,51	18	2,08	127	3,40	9,5	5,8	3,7	339	11.67
143	7955	9043	1,03	37	4,74	289	5,60	15,7	13,3	2,4	619	11.67
144	7938	9028	1,35	48	9,60	586	11,06	33,5	26,9	6,6	1000	11.67
145	7934	9002	1,44	51	9,20	561	10,24	28,7	25,8	2,9	1030	11.67
146	7910	8999	2,05	73	8,14	497	9,20	25,8	22,8	3,0	898	11.67
147	7924	8966	4,40	155	9,34	570	9,80	27,4	26,1	1,3	1190	11.67
148	7937	8954	12,17	431	8,30	506	13,36	37,4	23,2	14,2	1580	11.67
149	7954	8938	2,27	80	11,76	717	18,84	52,8	32,9	19,9	1520	11.67
150	7979	8930	3,61	128	6,50	397	11,76	32,9	18,2	14,7	1130	11.67

Bohrung Nr.	Lage		Cl^-		HCO_3^-		$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$	GH °dH	KH °dH	NH_4^+ °dH	Leitf. µS	Datum d. Entnahme
	Rechts 34+	Hoch 55+	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l						
151	7971	8911	1,62	57	11,32	691	13,80	38,6	31,7	6,9	1190	11.67
152	7997	8916	1,33	47	7,74	472	9,12	25,5	21,7	3,8	797	11.67
153	8017	8917	1,75	62	11,44	698	12,44	34,8	32,0	2,8	1070	11.67
154	8032	8919	0,84	30	2,50	153	3,80	10,6	7,0	3,6	363	10.67
155	8030	8903	1,05	38	8,38	511	8,40	23,5	23,5	0,0	774	11.67
156	8045	8893	1,63	58	8,10	494	5,12	14,3	22,7	0	797	11.67
157	8066	8877	54,50	1932	9,34	570	24,26	68,0	26,2	41,8	5120	10.67
158	8064	8877	112,73	3996	7,90	482	19,56	54,8	22,1	32,7	-	5.68
159	8069	8878	91,66	3249	7,08	432	22,96	64,3	19,8	54,5	-	5.68
160	8074	8879	11,50	408	7,12	434	14,20	39,8	19,9	19,9	1790	5.68
161	8081	8879	0,91	32	3,32	203	4,36	12,2	9,3	2,9	506	5.68
162	8085	8881	2,68	95	4,26	260	5,46	15,3	11,9	3,4	-	5.68
163	8068	8855	0,98	35	8,55	522	9,80	27,4	23,9	3,5	762	10.67
164	8079	8859	3,91	139	5,68	357	7,52	21,1	16,4	4,7	1040	6.68
165	8081	8830	1,30	46	8,86	540	9,46	26,5	24,8	1,7	904	10.67
166	8087	8837	12,96	459	7,58	462	7,22	20,2	21,2	0	1850	6.68
167	8076	8811	8,12	288	10,92	666	11,44	32,0	30,6	1,4	1370	10.68
168	8086	8812	22,40	794	6,46	394	8,68	24,3	18,1	6,2	2260	10.68
169	8086	8811	74,87	2654	5,21	318	17,04	47,7	14,6	33,1	6900	10.67
170	8111	8778	2,02	72	7,10	433	9,90	27,7	19,9	7,8	910	10.67
171	8120	8758	2,81	100	9,13	556	9,58	26,8	25,5	1,3	1080	10.67
172	8106	8733	8,20	291	8,36	510	7,70	21,6	23,4	0	1190	10.68
173	8110	8733	3,84	136	7,70	549	7,40	20,7	25,2	0	1070	10.68
174	8118	8735	28,83	1022	12,80	781	12,88	36,1	35,9	0,2	-	5.68
175	8127	8736	14,31	507	8,52	520	9,36	26,2	23,9	2,3	-	5.68
176	8124	8735	26,47	938	12,54	764	12,72	35,6	35,0	0,6	3210	10.67
177	8132	8736	4,73	168	10,73	655	11,44	32,0	30,0	2,0	-	5.68
178	8137	8736	5,31	188	9,40	573	10,76	30,1	26,3	3,8	1010	5.68
178a	8143	8736	6,49	230	8,00	488	9,32	26,1	22,4	3,7	-	5.68
179	8127	8703	3,06	108	10,22	623	9,00	25,2	28,6	0	1250	10.67
180	8122	8679	6,71	238	10,56	644	9,28	26,0	29,6	0	1490	10.67
181	8115	8664	1,89	67	10,88	664	12,64	35,4	30,5	4,9	810	5.68
182	8124	8671	3,03	107	10,18	621	10,40	29,1	28,5	0,6	-	5.68
183	8131	8674	3,26	116	10,06	614	11,02	30,9	28,2	2,7	-	5.68
184	8137	8681	9,45	335	8,14	497	9,96	27,9	22,8	5,1	-	5.68
185	8135	8669	1,55	55	10,39	634	10,68	29,9	29,1	0,8	988	10.67
186	8174	8647	1,50	53	9,15	558	11,46	32,1	25,6	6,5	988	10.67
187	8191	8647	0,92	33	3,40	207	4,40	12,3	9,5	2,8	446	10.67
188	8173	8616	4,74	168	7,79	475	9,42	26,4	21,8	4,6	1160	10.67
189	8178	8580	0,97	34	5,18	316	6,46	18,1	14,5	3,6	583	9.67
190	8179	8561	0,63	22	6,84	417	7,62	21,4	19,2	2,2	726	10.67
191	8163	8574	2,93	104	8,17	498	8,20	23,0	22,9	0,1	803	9.67
192	8174	8559	2,79	99	9,92	605	11,32	31,7	27,8	3,9	-	5.68
193	8169	8557	2,28	81	10,57	645	7,44	20,8	29,6	0	-	5.68
194	8163	8556	1,34	48	7,15	436	7,74	21,7	20,0	1,7	-	5.68
195	8154	8553	42,44	1504	12,44	759	17,80	49,8	34,8	15,0	4400	10.67
196	8266	8328	57,60	2041	18,00	1098	22,52	63,1	50,4	12,7	6426	9.67
197	8146	8521	20,53	728	7,45	454	16,78	47,0	20,8	26,2	2380	10.67
198	8158	8492	7,10	251	8,34	509	11,78	33,0	23,4	9,6	1140	9.67
199	8171	8473	14,42	511	7,88	481	9,28	26,0	22,1	3,9	1960	9.67
200	8185	8465	22,53	799	7,08	431	12,48	34,9	19,8	15,1	-	5.68

Bohrung Nr.	Lage		Cl ⁻		HCO ₃ ⁻		Ca ²⁺ +Mg ²⁺		GH dH	KH dH	NKH dH	Leitf. µS	Datum d. Entnahme
	Rechts 34+	Hooh 55+	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l						
201	8200	8465	28,44	1008	12,82	782	15,58	43,6	35,9	7,7	3330	9.67	
202	8218	8432	5,30	188	10,04	612	-	-	28,1	-	1430	9.67	
203	8222	8421	8,90	316	8,58	523	8,40	23,5	24,0	0	1550	9.67	
204	8225	8413	233,40	8274	9,53	581	54,40	152,3	26,7	125,6	1300	9.67	
205	8230	8396	26,28	932	7,92	483	-	-	22,2	-	2860	9.67	
206	8236	8381	15,92	564	20,46	1248	-	-	57,3	-	13700	9.67	
207	8240	8375	19,60	695	14,25	869	11,28	31,6	39,9	0	2620	9.67	
208	8258	8344	44,27	1569	13,25	808	15,00	42,0	37,1	4,9	4520	9.67	
209	8260	8336	6,66	236	10,14	619	8,76	24,6	28,4	0	1430	9.67	
210	8289	8243	44,16	1565	21,00	1281	14,50	40,6	58,7	0	3330	9.67	
211	8293	8240	17,40	617	20,74	1265	14,68	41,1	58,1	0	2680	9.67	
212	8304	8231	5,87	208	8,42	514	7,70	27,2	23,6	3,6	1370	9.67	
213	8318	8210	1,37	49	5,19	317	8,40	23,5	14,5	9,0	702	9.67	
214	8328	8195	1,01	36	4,75	290	4,86	13,6	13,3	0,3	506	9.67	
215	8326	8172	1,76	62	3,69	225	7,14	20,0	10,3	9,7	583	9.67	
216	8324	8153	1,85	66	9,00	549	9,60	26,9	25,2	1,7	762	9.67	
217	8317	8137	1,22	43	8,31	507	8,92	25,0	23,3	1,7	732	9.67	
218	8322	8120	5,93	210	9,51	580	11,42	32,0	26,6	5,4	-	5.68	
219	8326	8117	1,71	61	6,63	404	8,16	22,8	18,6	4,2	833	5.68	
220	8322	8115	2,22	79	5,72	349	8,54	23,9	16,0	7,9	-	5.68	
221	8220	8117	0,62	22	4,84	295	6,64	18,6	13,6	5,0	601	9.67	
221a	8330	8105	1,97	70	7,04	429	-	-	19,7	-	892	10.67	
221b	8339	8100	1,85	66	5,86	357	-	-	16,4	-	791	10.67	
222	8362	8090	1,43	51	4,53	276	5,42	15,2	12,7	2,5	702	10.67	
223	8392	8078	0,31	11	9,51	580	9,58	26,6	26,6	0	756	10.67	
224	8415	8056	0,35	12	8,16	498	8,20	23,0	22,8	0,2	660	10.67	
225	8413	8018	2,42	86	9,22	562	10,76	30,2	25,8	4,4	1000	10.67	
226	8384	8030	4,28	126	8,00	488	8,60	24,1	22,4	1,7	1160	5.68	
227	8363	8029	1,59	56	7,27	443	9,80	27,4	20,3	7,1	809	5.68	
228	8342	8020	1,52	54	5,68	346	7,34	20,6	15,9	4,7	637	5.68	
229	8319	8017	5,59	198	12,81	781	13,92	39,0	35,9	3,1	1428	5.68	
230	8310	8006	8,03	285	10,33	630	14,44	40,4	28,9	11,5	1963	5.68	
231	8310	7979	5,57	197	12,84	783	3,32	9,3	36,0	0	1845	5.68	
232	8342	7971	2,67	95	9,01	550	10,08	28,2	25,2	3,0	1166	5.68	
233	8363	7959	1,83	65	6,54	399	10,70	30,0	18,3	11,7	922	5.68	
234	8399	7954	2,57	91	4,89	298	7,74	21,7	13,7	8,0	904	5.68	
235	8421	7953	5,00	177	7,34	448	8,02	22,5	20,6	1,9	1238	5.68	
236	8444	7954	1,22	43	6,11	373	6,38	17,9	17,1	0,8	-	5.68	
237	8444	7960	1,25	44	6,74	395	6,84	19,2	18,1	1,1	-	5.68	
238	8444	7967	1,14	40	7,18	438	8,14	22,8	20,1	2,7	-	5.68	
239	8444	7971	0,59	21	6,61	403	7,76	21,7	18,5	3,2	-	5.68	
240	8478	7957	0,88	31	6,92	422	7,86	22,0	19,4	2,6	732	5.68	
241	8567	7943	0,95	33	7,02	428	9,36	26,2	19,7	6,5	744	5.68	
241a	8564	7916	0,48	17	6,16	376	7,50	21,0	17,2	3,8	625	5.68	
242	8558	7882	0,38	13	7,21	440	7,76	21,7	20,2	1,5	643	5.68	
243	8549	7858	1,62	57	4,40	268	8,70	24,4	12,3	12,1	744	5.68	
244	8538	7837	0,73	26	6,47	395	6,18	17,3	18,1	0	702	5.68	
245	8540	7807	0,70	25	6,68	407	4,36	12,2	18,7	0	613	5.68	
246	8543	7782	1,32	47	5,64	344	4,80	13,4	15,8	0	821	5.68	
247	8545	7758	1,15	41	4,46	272	4,66	13,0	12,5	0,5	607	5.68	
248	8548	7733	0,86	30	7,15	436	4,58	12,8	20,0	0	619	5.68	
249	8550	7712	1,91	68	10,65	650	10,84	30,4	29,8	0,6	1012	5.68	
250	8511	7681	1,34	48	10,51	641	5,74	16,1	29,4	0	1035	5.68	

Bohrung Nr.	Lage		Cl ⁻		HCO ₃ ⁻		Ca ²⁺ +Mg ²⁺ mval/l	GH °dH	KH °dH	NKH °dH	Leitf. µS	Datum d. Entnahme
	Rechts 34+	Hoch 55+	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l						
251	8496	7631	2,99	106	13,16	803	1,16	3,2	36,8	0	-	5.68
252	8483	7625	1,68	60	11,96	730	3,74	10,5	33,5	0	1023	6.68
253	7485	8381	1,69	60	4,35	265	5,56	15,6	12,2	3,4	655	7.68
254	7500	8376	0,60	13	2,11	129	2,40	6,7	5,9	0,8	249	7.68
255	7526	8379	1,35	48	2,79	170	3,26	9,1	7,8	1,3	381	7.68
256	7551	8378	1,52	54	3,45	210	4,62	12,9	9,7	3,2	405	7.68
257	7579	8378	1,65	58	5,06	309	0,0	0,0	0,0	0,0	476	7.68
258	7592	8377	2,43	86	5,18	316	5,30	14,8	14,5	0,3	510	10.68
259	7604	8373	3,12	111	5,58	340	4,52	12,7	15,6	0	595	7.68
260	7612	8369	5,35	190	4,42	270	4,70	13,2	12,4	0,8	710	10.68
261	7628	8359	5,76	204	5,97	364	6,36	17,8	16,7	1,1	870	10.68
262	7633	8350	1,80	64	4,81	293	5,84	16,4	13,5	2,9	536	7.68
263	7639	8340	4,87	173	6,88	420	8,02	22,5	19,3	3,2	880	10.68
264	7643	8329	5,23	185	5,20	317	6,50	18,2	14,6	3,6	762	7.68
265	7646	8319	2,41	85	4,97	303	4,30	12,9	13,9	0	520	10.68
266	7647	8305	3,16	112	7,37	450	6,88	19,3	20,6	0	730	10.68
267	7652	8286	2,13	76	4,96	303	5,04	14,1	13,9	0,2	490	10.68
268	7655	8261	0,73	26	7,32	447	7,46	20,9	20,5	0,4	520	10.68
269	7620	8363	9,98	353	5,08	310	6,44	18,0	14,2	3,8	1083	10.68
270	9360	9021	0,68	24	3,22	196	4,48	12,5	9,0	3,5	446	11.67
271	9364	8990	0,70	25	6,59	402	7,54	21,1	18,5	2,6	595	3.68
271a	9354	8991	0,47	17	3,61	220	-	-	10,1	-	348	2.68
272	9359	8962	0,62	22	6,54	399	7,16	20,0	18,3	1,7	595	3.68
273	9345	8964	0,41	15	2,97	181	-	-	8,3	-	298	2.68
274	9353	8945	1,19	42	7,71	470	5,92	16,6	21,6	0	714	3.68
275	9337	8943	0,49	17	2,78	170	-	-	7,8	-	306	2.68
275a	9316	8916	0,44	16	4,88	298	5,90	16,5	13,7	2,8	497	3.68
276	9305	8894	0,68	24	1,81	110	2,80	7,8	5,1	2,7	333	3.68
277	9292	8873	0,46	16	4,41	269	-	-	12,3	-	422	2.68
278	9290	8852	0,84	30	1,44	88	-	-	4,0	-	256	2.68
279	9279	8822	0,49	17	1,81	110	-	-	5,1	-	265	2.68
280	9282	8797	0,62	22	1,90	116	-	-	5,3	-	261	2.68
281	9282	8764	0,65	23	4,98	304	-	-	13,9	-	425	2.68
282	9288	8744	0,94	33	2,26	138	-	-	6,3	-	289	2.68
283	9278	8723	0,71	25	7,10	433	-	-	19,9	-	571	2.68
284	9284	8700	0,55	19	3,92	239	-	-	11,0	-	381	2.68
285	9282	8678	1,73	61	6,89	420	-	-	19,3	-	637	2.68
286	9281	8651	1,50	53	3,66	223	-	-	10,2	-	530	2.68
287	9282	8626	3,51	124	12,13	740	-	-	33,9	-	1160	2.68
288	9283	8599	0,70	25	8,30	506	-	-	23,2	-	756	2.68
289	9247	8663	1,77	63	8,85	540	-	-	24,8	-	833	2.68
290	9249	8636	3,03	107	11,64	710	-	-	32,6	-	1065	2.68
291	9209	8612	1,77	63	9,72	593	11,22	31,4	27,2	4,2	863	4.68
292	9225	8611	2,51	89	16,12	983	16,52	46,3	45,1	1,2	1095	4.68
293	9244	8610	9,51	337	22,86	1394	30,26	84,8	64,0	20,8	2261	4.68
294	9259	8609	9,44	335	19,00	1159	21,34	59,7	53,2	6,5	2082	4.68
295	9378	8986	0,60	21	3,93	240	5,92	16,6	11,0	5,6	452	3.68
296	9392	8984	0,46	16	2,04	124	3,16	8,9	5,7	3,2	256	3.68
297	9405	8980	0,52	18	1,68	102	2,86	8,0	4,7	3,3	274	3.68
298	9381	8962	1,22	43	2,44	149	5,28	14,8	6,8	8,0	411	3.68
299	9377	8938	1,03	37	3,68	224	5,44	15,2	10,3	4,9	428	3.68
300	9370	8915	1,12	39	3,23	197	5,42	15,2	9,1	6,1	464	3.68

Bohrung Nr.	Lage		Cl ⁻		HCO ₃ ⁻		Ca ²⁺ +Mg ²⁺		GH °dH	KH °dH	NKH °dH	Leitf. µS	Datum d. Entnahme
	Rechts 34+	Hoch 55+	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mval/l					
301	9359	8895	1,36	48	3,74	228	5,20	14,6	10,5	4,1	458	3.68	
302	9343	8878	1,00	35	17,64	1076	15,42	43,2	49,4	0	1041	3.68	
303	9330	8864	4,84	172	10,46	638	13,12	36,8	29,3	7,5	1071	3.68	
304	9323	8842	0,90	32	2,79	170	3,94	11,0	7,8	3,2	354	3.68	
305	9321	8820	0,45	16	1,89	115	2,88	8,4	5,3	2,8	274	3.68	
306	9320	8795	1,07	38	9,23	563	9,08	25,4	25,8	0	803	3.68	
307	9320	8781	5,89	209	16,38	999	15,88	44,5	45,8	0	1532	3.68	
308	9318	8772	8,60	305	23,67	1444	26,12	73,1	66,3	6,8	2142	3.68	
309	9306	8755	0,50	18	1,16	71	2,14	6,0	3,3	2,7	205	4.68	
310	9311	8755	5,32	189	11,56	705	13,64	38,2	32,4	5,8	1214	4.68	
311	9317	8755	62,31	2209	50,26	3066	80,04	224,0	140,7	83,3	7616	4.68	
312	9323	8755	57,59	2042	62,46	3810	84,80	238,0	174,9	63,1	7616	4.68	
313	9329	8755	21,63	767	31,26	1907	47,70	134,0	87,5	46,5	3511	4.68	
314	9333	8755	1,07	38	7,22	440	7,34	20,6	20,2	0,4	541	4.68	
315	9313	8736	18,73	664	18,38	1121	27,60	77,3	51,4	25,9	2796	3.68	
316	9309	8723	17,33	614	19,60	1196	20,24	56,7	54,9	1,8	2796	3.68	
317	9310	8700	48,51	1720	21,58	1316	35,48	99,4	60,4	39,0	4939	3.68	
318	9310	8680	0,58	21	14,82	904	12,40	34,7	41,5	0	-	3.68	
319	9310	8659	1,23	44	2,44	149	4,32	12,1	6,8	5,3	417	4.68	
320	9311	8616	2,67	95	25,70	1488	24,88	69,7	71,9	0	161	4.68	
321	9300	8606	1,81	64	10,52	642	-	-	29,5	-	1041	2.68	
322	9302	8579	1,61	57	4,08	249	-	-	11,4	-	583	2.68	
323	9309	8563	3,73	132	9,94	603	-	-	27,8	-	1142	2.68	
324	9343	8584	1,46	52	12,16	742	13,08	36,6	34,0	2,6	1035	4.68	
325	9350	8553	0,90	32	6,00	366	8,40	23,5	16,8	6,7	613	4.68	
326	9329	8558	1,40	50	9,44	576	-	-	26,4	-	857	4.68	
327	9319	8541	4,76	169	8,87	541	-	-	24,8	-	1232	2.68	
328	9313	8517	2,67	95	12,88	786	-	-	36,1	-	1250	2.68	
329	9306	8495	0,35	12	11,16	681	-	-	31,2	-	851	2.68	
330	9296	8475	1,03	37	9,94	606	-	-	27,8	-	928	2.68	
331	9284	8457	0,40	14	5,29	323	-	-	14,8	-	518	2.68	
332	9275	8436	1,83	65	8,90	543	-	-	24,9	-	821	2.68	
333	9266	8417	0,40	14	8,71	531	-	-	24,4	-	655	2.68	
334	9258	8398	0,90	32	12,21	745	-	-	34,2	-	893	2.68	
335	9238	8398	1,00	35	10,18	621	7,60	21,2	28,5	0	1670	10.68	
336	9250	8374	3,31	117	-	-	-	-	-	-	1547	2.68	
337	9243	8355	4,66	165	10,31	629	-	-	28,9	-	1220	2.68	
338	9209	8341	1,71	61	10,42	636	11,52	32,3	29,2	3,1	1012	6.68	
339	9218	8339	1,85	66	8,74	533	10,28	28,8	24,5	4,3	970	6.68	
340	9224	8338	2,35	83	9,44	576	10,64	29,8	26,4	3,4	1100	6.68	
341	9233	8336	8,89	315	12,78	780	13,40	37,5	35,8	1,7	1815	6.68	
342	9238	8334	4,96	176	10,39	634	-	-	29,1	-	1220	2.68	
343	9246	8333	8,13	288	12,14	741	12,72	35,6	34,0	1,6	1726	6.68	
345	9259	8329	1,35	48	11,70	714	11,40	31,9	32,8	0	988	6.68	
346	9268	8329	1,00	35	9,32	569	10,40	29,1	26,1	3,0	875	6.68	
347	9234	8290	1,69	60	8,63	526	-	-	24,2	-	1000	2.68	
348	9231	8263	0,12	4	10,64	649	-	-	29,8	-	1095	2.68	
349	9223	8238	0,94	33	10,66	650	-	-	29,8	-	976	2.68	
350	9188	8237	0,70	25	5,18	316	-	-	14,5	-	565	2.68	

Bohrung Nr.	Lage		Cl ⁻		HCO ₃ ⁻		Ca ²⁺ +Mg ²⁺ mval/l	GH °dH	KH °dH	NKH °dH	Leitf. µS	Datum d. Entnahme
	Rechts 34+	Hoch 55+	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l						
351	9190	8216	0,16	6	3,60	220	-	-	10,1	-	470	2.68
352	9215	8214	1,18	42	2,19	134	-	-	6,1	-	809	2.68
353	9191	8188	0,25	9	6,87	419	-	-	19,2	-	619	2.68
354	9190	8149	0,52	18	6,41	391	-	-	17,9	-	643	2.68
355	9191	8121	0,12	4	6,81	415	-	-	19,1	-	571	2.68
356	9181	8087	1,28	45	8,93	545	-	-	25,0	-	750	2.68
357	9169	8059	0,85	30	9,07	553	-	-	25,4	-	756	2.68
358	9183	8029	2,00	71	8,81	537	-	-	24,7	-	785	2.68
359	9170	8012	3,37	119	9,88	603	10,22	28,6	27,7	0,9	1160	6.68
360	9176	8012	6,13	217	14,80	903	14,48	40,5	41,4	0	1666	6.68
361	9182	8012	5,42	192	15,38	938	14,20	39,8	43,1	0	1666	6.68
362	9190	8010	7,64	271	16,65	1016	-	-	46,6	-	1606	2.68
363	9188	8012	8,43	299	17,60	1074	17,16	48,0	49,3	-	2083	6.68
364	9194	8012	5,97	212	13,38	816	15,60	43,7	37,5	6,2	1666	6.68
365	9200	8012	0,74	26	7,71	470	8,00	22,4	21,6	0,8	720	6.68
366	9205	8007	0,27	10	5,24	320	5,96	16,7	14,7	2,0	458	6.68
367	9210	8007	0,21	7	5,25	320	6,08	17,0	14,7	2,3	488	6.68
368	9218	8007	0,26	9	7,02	428	7,02	19,7	19,7	0	571	6.68
369	9230	8007	0,26	9	5,89	359	7,02	19,7	16,5	3,2	571	6.68
370	9239	8006	0,64	23	4,26	260	5,98	16,7	11,9	4,8	512	6.68
371	9193	7981	5,96	211	9,49	579	-	-	26,6	-	1261	2.68
372	9200	7954	0,66	23	3,68	224	-	-	10,3	-	405	2.68
373	9196	7929	1,06	38	5,64	344	-	-	15,8	-	530	2.68
374	9196	7895	0,79	28	4,48	273	-	-	12,5	-	470	2.68
375	9198	7864	0,58	21	6,31	385	-	-	17,7	-	500	2.68
376	9192	7840	1,45	51	7,44	454	-	-	20,8	-	601	2.68
377	9182	7809	12,93	458	21,63	1319	-	-	60,6	-	2201	2.68
378	9165	7790	1,68	60	4,47	273	7,20	20,2	12,5	7,7	655	5.68
379	9171	7791	0,91	32	7,07	431	6,82	19,1	19,8	0	809	5.68
380	9177	7791	6,01	213	14,24	868	13,52	37,9	39,9	0	1499	5.68
381	9183	7791	5,50	195	13,00	793	13,16	36,8	36,4	0,4	1490	5.68
382	9189	7791	7,25	257	16,40	1000	14,68	41,1	45,9	0	1850	5.68
383	9194	7791	9,77	346	22,16	1352	19,96	55,9	62,0	0	2260	5.68
384	9181	7781	13,84	491	23,62	1440	-	-	66,1	-	2260	2.68
385	9230	7335	1,25	44	4,32	264	-	-	12,1	-	488	2.68
386	9224	7308	1,95	69	7,79	475	-	-	21,8	-	649	2.68
387	9218	7279	2,27	80	9,31	568	-	-	26,1	-	797	2.68
388	9180	7749	2,02	72	8,68	529	-	-	24,3	-	857	2.68
389	9149	7716	0,22	8	4,81	293	-	-	13,5	-	547	10.67
390	9125	7708	1,03	37	5,14	314	-	-	14,4	-	518	10.67
391	9101	7701	1,72	61	1,90	116	-	-	5,3	-	428	10.67
392	9084	7686	0,40	14	6,07	370	-	-	17,0	-	530	10.67
393	9065	7670	3,48	123	13,35	826	-	-	37,4	-	1238	10.67
394	9051	7649	1,83	65	13,66	833	-	-	38,2	-	1310	10.67
395	9048	7629	1,28	45	8,74	533	-	-	24,5	-	881	10.67
396	9040	7608	3,02	107	4,65	284	-	-	13,0	-	839	10.67
397	9022	7601	5,10	181	8,58	523	-	-	24,0	-	1070	10.67
398	8992	7578	1,60	57	4,72	288	-	-	13,2	-	559	10.67
399	8950	7560	2,85	101	11,23	685	-	-	31,0	-	1140	10.67
400	8927	7533	1,30	46	4,17	254	-	-	11,7	-	559	10.67

Bohrung Nr.	Lage		CL ⁻		HCO ₃ ⁻		Ca ²⁺ +Mg ²⁺ mval/l	GH °dH	KH °dH	NKH °dH	Leitf. µS	Datum d. Entnahme
	Rechts 34+	Hoch 55+	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l						
401	8909	7517	2,22	79	5,99	365	-	-	16,8	-	816	10.67
402	8890	7497	4,40	156			-	-		-	898	10.67
403	8906	7449	2,32	82	5,78	353	8,30	23,2	16,2	7,0	726	5.68
404	8898	7422	4,40	156	6,58	401	11,52	32,3	18,4	13,9	952	5.68
405	8892	7396	0,77	27	4,40	268	5,24	14,7	12,3	2,4	482	5.68
406	8887	7365	0,07	2	4,64	283	5,38	15,1	13,0	2,1	476	5.68
407	8874	7344	6,40	227	5,68	346	11,88	33,3	15,9	17,4	1160	5.68
408	8881	7310	1,95	69	12,40	756	11,96	33,5	34,7	0	1310	5.68
409	8855	7325	5,32	189	14,50	885	12,24	34,3	40,6	0	1730	5.68
410	8826	7321	11,91	422	15,44	942	17,24	48,3	43,2	5,1	2140	5.68
411	8799	7320	3,54	125	6,90	421	11,76	32,9	19,3	13,7	970	5.68
412	8748	7325	0,77	27	6,61	403	7,68	21,5	18,5	3,0	625	5.68
413	8773	7319	0,84	30	6,09	371	7,34	20,6	17,1	3,5	613	5.68
414	9559	7854	0,30	11	-	-	-	-	-	-	-	11.67
415	9541	7831	0,70	25	-	-	-	-	-	-	-	11.67
416	9519	7821	0,42	15	-	-	-	-	-	-	-	11.67
417	9501	7805	0,26	9	-	-	-	-	-	-	-	11.67
418	9485	7792	2,18	77	-	-	-	-	-	-	-	11.67
419	9466	7783	10,56	374	2,54	155	6,58	18,4	7,1	11,3	1220	6.68
420	9440	7773	6,67	236	2,63	160	4,70	13,2	7,4	5,8	988	6.68
421	9413	7763	1,97	70	6,31	385	3,60	10,1	17,7	7,6	666	6.68
422	9388	7356	1,10	39	4,30	262	2,84	8,0	12,0	0	684	6.68
423	9370	7753	2,65	94	8,96	547	9,92	27,8	25,1	2,7	1040	6.68
424	9361	7749	16,64	590	16,76	1022	17,16	48,0	46,9	1,1	2560	6.68
425	9358	7741	7,32	259	22,52	137	26,40	74,0	63,0	11,0	2260	11.67
426	9342	7739	9,05	321	9,44	576	10,18	28,5	26,4	2,1	1560	6.68
427	9350	7759	2,18	77	4,92	300	5,98	16,7	13,8	2,9	583	11.67
428	9346	7751	6,16	215	9,55	583	10,26	28,7	26,7	2,0	1250	11.67
429	9319	7750	0,80	28	4,43	270	4,28	12,0	12,4	0	405	11.67
430	9292	7749	7,74	274	10,84	661	12,18	34,1	30,4	3,7	1430	11.67
431	9269	7746	13,25	470	13,55	827	15,16	42,4	37,9	4,5	2080	11.67
432	9246	7743	12,55	445	14,72	898	14,68	41,1	41,2	0	2080	11.67
433	9221	7736	13,17	467	17,86	1089	18,42	51,6	50,0	1,6	2260	11.67
434	9198	7729	0,41	15	4,99	304	-	-	14,0	-	393	10.67
435	9178	7724	0,05	2	2,33	142	-	-	6,5	-	274	10.67
436	8330	6951	0,81	29	6,91	422	8,66	24,4	19,4	4,8	702	10.68
437	8348	6933	0,88	31	8,10	494	7,18	20,1	22,7	0	863	6.68
438	8354	6911	1,39	49	6,10	372	8,72	24,4	17,1	7,3	773	6.68
439	8370	6885	0,78	28	7,20	439	7,16	20,0	20,2	0	920	6.68
440	8380	6860	1,53	54	7,08	432	9,92	27,8	19,8	8,0	830	6.68
441	8391	6838	4,92	174	12,10	738	14,12	39,5	33,9	5,6	1460	6.68
442	8402	6823	4,83	171	10,82	660	11,58	32,4	30,3	2,1	1310	6.68
443	350352	8010	0,27	10	5,63	343	5,62	15,7	15,8	0	434	11.67
444	350341	7971	0,08	3	2,66	162	3,10	8,6	7,4	1,2	244	11.67
445	350320	7952	0,85	30	3,11	190	3,50	9,8	8,7	1,1	303	11.67
446	350316	7928	0,11	4	1,70	104	2,04	5,7	4,8	0,9	179	11.67
447	350314	7929	0,32	11	3,03	185	3,44	9,6	8,5	1,1	333	11.67
448	350302	7910	2,02	72	1,56	95	2,62	7,3	4,4	2,9	321	11.67
449	350295	7895	5,15	183	1,97	120	2,54	7,1	5,5	1,6	654	11.67
450	350297	7874	1,05	37	2,67	163	3,24	9,1	7,5	1,6	327	11.67

Eidesstattliche Erklärung

Hierdurch erkläre ich an Eides Statt, daß ich meine
Dissertation selbständig und nur mit den angegebenen
Hilfsmitteln angefertigt und daß ich noch keinen
Promotionsversuch unternommen habe.

Naurod/Ts., den 23.10.1972

Hans-Jürgen Schapf

Lebenslauf

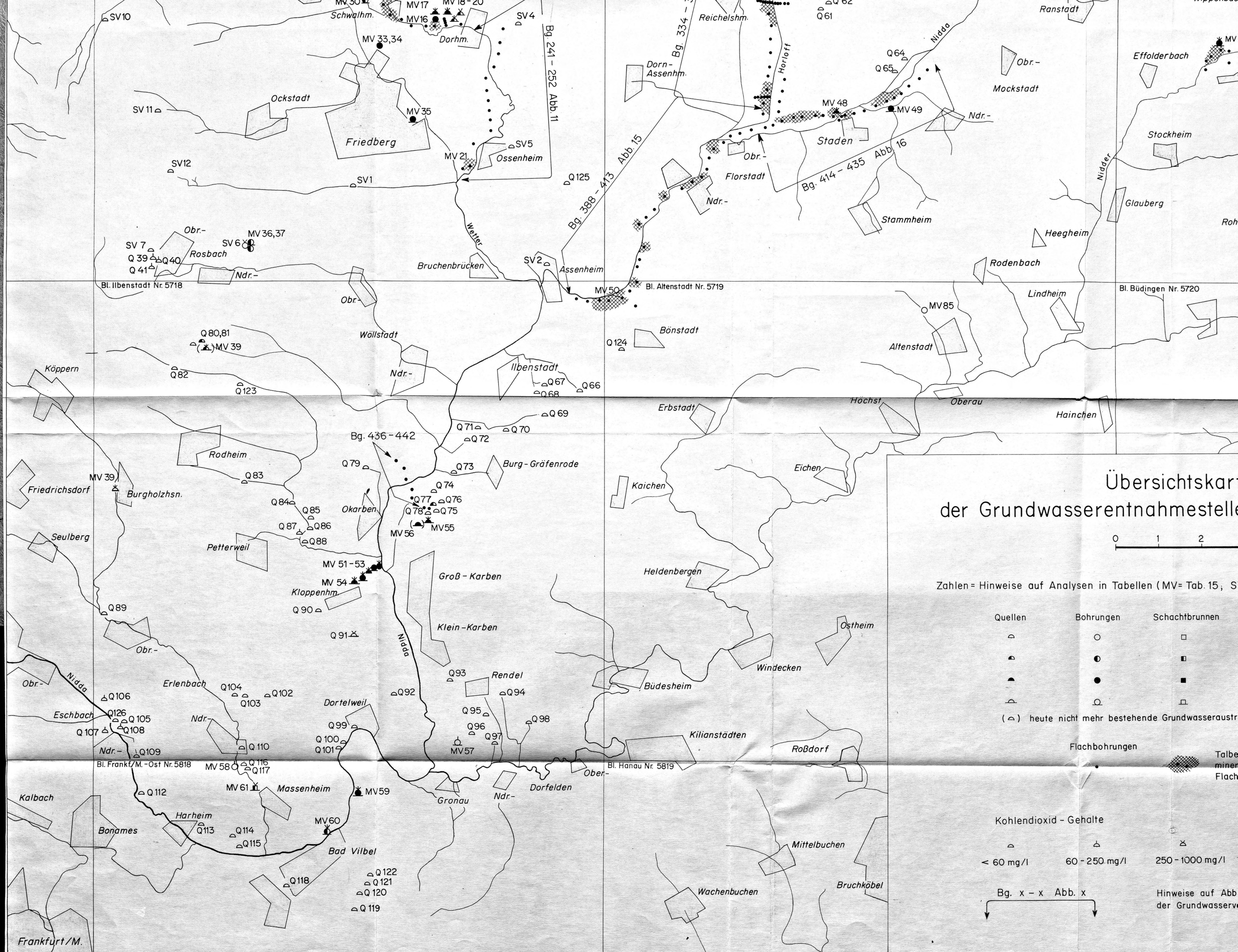
Am 25. Mai 1937 wurde ich, Hans-Jürgen Scharpff, als Sohn des Dozenten Dr. Paulus Scharpff und seiner Ehefrau Gertrud, geb. Nöding in Frankfurt/Main geboren.

Nach vier Jahren Grundschule trat ich 1948 in das Liebig-Realgymnasium in Frankfurt/Main ein, wo ich 1957 die Reifeprüfung ablegte. Vom Sommersemester 1957 an studierte ich Geologie an der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt/Main, legte 1961 die Diplom-Geologen-Vorprüfung und nach Abschluß der Arbeit "Geologische Untersuchungen in der östlichen Fortsetzung der Salmerwald-Mulde (Eifel)" 1964 die Diplom-Geologen-Hauptprüfung ab.

Vom Wintersemester 1965/1966 bis zum Wintersemester 1966/1967 war ich als Doktorand des Institutes für Geologie und Technische Gesteinskunde an der Technischen Hochschule Darmstadt immatrikuliert.

Vom 1. Januar 1966 an arbeitete ich als Wissenschaftlicher Angestellter am Hessischen Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, und wurde am 23. Februar 1972 zum Regierungsrat zur Anstellung ernannt.

Meine akademischen Lehrer an Universität und Technischer Hochschule waren Prof. Dr. O'Daniel, Prof. Dr. Krejci-Graf, Prof. Dr. Krömmelbein, Prof. Dr. Michels, Prof. Dr. Nöring, Prof. Dr. Paulitsch, Prof. Dr. Rein, Prof. Dr. Seilacher, Prof. Dr. Solle und Prof. Dr. Vogel.

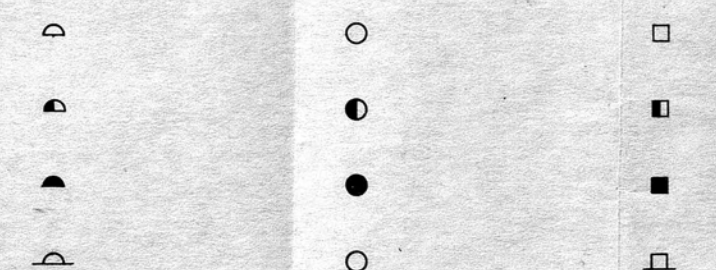


Übersichtskarte der Grundwasserentnahmestelle



Zahlen = Hinweise auf Analysen in Tabellen (MV = Tab. 15; S = Tab. 16)

Quellen Bohrungen Schachtbrunnen



(△) heute nicht mehr bestehende Grundwasseraustritte

Flachbohrungen

Talbe-
minen
Flach

Kohlendioxid - Gehalte

< 60 mg/l 60 - 250 mg/l 250 - 1000 mg/l

Bg. x - x Abb. x

Hinweise auf Abb.
der Grundwasserv.

